

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

*На правах рукописи*  
УДК 311

НИКАДАМБАЕВ САНЖАРБЕК КАМОЛБЕКОВИЧ

**РОЛЬ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ  
КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ**

Специальность: 5А310903 - «Менеджмент качества продукции»

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание академической степени магистра технических наук

Научный руководитель:  
д.х.н., проф. Хамрокулов Г.Х.  
Научный консультант:  
к.т.н. Тураев Ш.А.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ СОВРЕМЕННОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ.....</b>	<b>7</b>
1.1. Теоретические основы управления качеством продукции.....	7
1.2. Основные положения статистических методов управления качества ..	24
1.3. Виды и применения контрольных карт при управлении качеством продукции .....	35
Выводы по главе 1 .....	38
<b>Глава 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИК СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ .....</b>	<b>39</b>
2.1. Основные положение и теоретические основы статистического управления процессов .....	39
2.2. Последовательности статистических методов управления технологическими процессами .....	50
2.3. Разработка алгоритмов для анализа управления технологическими процессами .....	56
Выводы по главе 2 .....	60
<b>Глава 3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ .....</b>	<b>61</b>
3.1. Планы и оперативные характеристики планов выборочного контроля	61
3.2. Принципы применения стандарта на статистический приемочный контроль по альтернативному признаку .....	65
Выводы по главе 3 .....	69
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>70</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>71</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>	<b>74</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** В деятельности промышленных предприятий повышение эффективности производственных процессов реально достижимо за счет внедрения систем контроля качества готовой продукции, и пригодности технологических процессов, их интеграции с общим менеджментом качества и администрированием. Причины изменений качества бесчисленны и их воздействие различно. Некоторые из них сильно влияют на изменение качества, в то время как другие, теоретически считающиеся важными, на самом деле не оказывают существенного воздействия, если должным образом контролируются. Существует много методов оценки качества. Некоторые полагаются на интуицию, другие опираются на прошлый опыт, третьи прибегают к статистическому анализу данных. Однако для повышения качества изделий важен не столько годами накопленный опыт, сколько сильное желание руководства к получению объективных оценок реальной производственной ситуации с использованием статистики и статистических методов. Их использование позволяет перейти к разработке новых технологий контроля качества производственных процессов. Многие ведущие фирмы стремятся к их активному использованию, и некоторые из них тратят более ста часов ежегодно на обучение этим методам, осуществляемое в рамках самой фирмы. Хотя знание статистических методов - часть нормы, само знание еще не означает умения применить его. Способность рассматривать события с точки зрения статистики, важнее, чем знание самих методов.

Одной из основных задач, стоящих перед отечественными организациями, является переход от управления качеством продукции к управлению качеством технологических процессов. Для решения этой задачи ведущие мировые производители применяют статистическое управление технологическими процессами. В настоящее время существует два способа статистического управления технологическим процессом:

– одновременная, хаотичная оптимизация всех подпроцессов технологического процесса;

– выявление одного или нескольких ключевых подпроцессов и управление выходом технологического процесса с помощью изменения их значений.

Однако ни один из этих способов не позволяет достичь желаемого результата в полной мере. Возможности применения первого способа ограничиваются сложностью технологических процессов, часто представляющих собой один или несколько комплексов подпроцессов более низкого уровня, а во втором способе учитывается только весомость ключевого подпроцесса и не учитывается корреляция показателей качества подпроцессов и показателей качества выходов технологического процесса.

В связи с этим появляется потребность в разработке методики, использующей корреляцию показателей качества подпроцессов друг на друга и направленной на оптимизацию современных подходов к статистическому управлению сложными технологическими процессами для повышения общей конкурентоспособности организации, что определяет актуальность данного исследования.

**Цель исследования.** Улучшение качества сложного технологического процесса за счет его декомпозиции и последующего учета корреляционных зависимостей между показателями качества подпроцессов.

**Задачи исследования.**

1. Проведение анализа существующих методов управления качеством процессов.

2. Разработка подходов к определению показателей качества сложного технологического процесса и показателей качества его подпроцессов.

3. Определение и/или разработка методов для анализа корреляции показателей качества подпроцессов и показателей качества выходов сложного технологического процесса.

4. Определение подходов к определению ключевых показателей качества сложного технологического процесса.

5. Разработка критериев для расчета результативности действий, проводимых в рамках применения методики статистического управления сложными технологическими процессами.

**Объект исследования.** Сложные технологические процессы в системе менеджмента качества и системы контроля качества продукции.

**Предмет исследования.** Научно-методические и организационно-технические методы по статистическому управлению качеством процессов.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач были использованы методы системного анализа, процессного подхода, анализ видов и последствий потенциальных отказов, методы статистического управления процессами, описательная статистика, регрессионный анализ, корреляционный анализ, планирование эксперимента, элементы математического анализа и теории вероятности.

**Научная новизна.** В работе выдвинуты, теоретически обоснованы и доведены до практического применения принципиально новые положения, к которым относятся:

1. Модель статистического управления сложными технологическими процессами, отличающаяся выбором ключевых показателей качества на основе проведения декомпозиции и системного анализа факторов, включая управляющие воздействия, показатели качества под процессов и взаимодействия между ними.

2. Методика статистического управления сложными технологическими процессами, базирующаяся на интеграции принципов менеджмента качества, отличающаяся использованием предложенных коэффициентов вклада и прироста показателей качества для принятия решений.

3. Методические рекомендации по проведению анализа необходимости измерения показателей качества отдельных под процессов и расчету результативности действий.

### **Практическая значимость работы.**

1. Применение предлагаемой методики позволяет оптимизировать структуру сложного технологического процесса и определить адекватные управляющие воздействия на его под процессы.

2. Разработанная методика позволяет проводить анализ характера корреляции между показателями качества под процессов, и проводить управление показателями качества выхода сложного технологического процесса на его основе.

3. Разработанные предложения сочетаются с требованиями международных стандартов, что позволяет их использовать при развитии системы менеджмента качества в организации в рамках повышения ее конкурентоспособности.

**Апробация и реализация результатов исследования.** Основные результаты работы опубликованы в республиканском научном конференции «Замонавий машинасозлик муаммолари» проведённом в Андижанском машиностроительном институте 27 мая 2014 года.

**Структура и объем исследования.** Структура диссертационного исследования отражает логику поставленных задач. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка, включающего 24 источников. Рукопись содержит 74 страниц машинописного текста, 7 таблицу, 12 рисунков и приложений.

# **Глава 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ СОВРЕМЕННОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ**

## **1.1. Теоретические основы управления качеством продукции**

Сегодня, управление качеством, как дисциплина, как вид деятельности приобретает всё большую популярность, проникая во все сферы жизнедеятельности человека. И, для того чтобы быть компетентным в этой области, просто необходимо знать точное определение самого понятия «управление качеством продукции», необходимо понять, в чём заключается его главный смысл. Наиболее целесообразным и удобным, является проведение исследования сущности данного понятия в табличной форме, путём сравнения нескольких определений различных авторов. Примером является таблица 1.1.

Таблица 1.1

### **Определение сущности понятия управление качеством продукции**

Название термина	Определение сущности термина
Управление качеством продукции	1. - постоянный, планомерный, целеустремленный процесс воздействия на всех уровнях на факторы и условия, обеспечивающий создание продукции оптимального качества и полноценное ее использование. [16]
	2. - действия, сопровождающие производство, эксплуатацию или потребление продукции, для того, чтобы определить и обеспечить, а впоследствии и поддерживать необходимый качественный уровень данной продукции. [17]
	3.- методы и деятельность, используемые для достижения уровня качества, удовлетворяющего требованиям стандартов, проектно-конструкторским, контрактным рыночным требованиям. Иными словами, управление качеством продукции - целая система мер, методик и процессов, позволяющих добиться такого уровня качества продукции, который бы отвечал минимальным требованиям установленных стандартов (базовым образцам). [12]
	4. - это часть менеджмента качества направленная на выполнение требований к качеству, исключению несоответствий и проблем, связанных с плохим качеством.[15]
	5. - часть полного набора процессов, используемых в системе менеджмента качества, сфокусированная на выполнение требований, касающихся всей суммы неотъемлемых характеристик объекта и их значений. [1]

Определение сущности понятия управление качеством продукции представлено в работе с пяти различных авторских позиций. Безусловно, все они обладают определёнными сходствами, однако каждый из авторов делает акцент на разных параметрах. Одни считают, что управление качеством продукции - это процесс, ГОСТ, что это - часть набора процессов, третьи говорят, про управление качеством продукции как про совокупность процессов. Но, все авторы сходятся во мнении, что управление качеством продукции должно привести к достижению оптимального качества продукции, соответствию стандартам. Большая Экономическая Энциклопедия отмечает, что необходимо не только достичь необходимого уровня качества продукции, но и поддерживать его. Ю.И. Ребрин, в отличие от других, рассматривает данное понятие как часть менеджмента качества, уделяя в своём определении внимание исключению несоответствий и

проблем, связанных с плохим качеством.

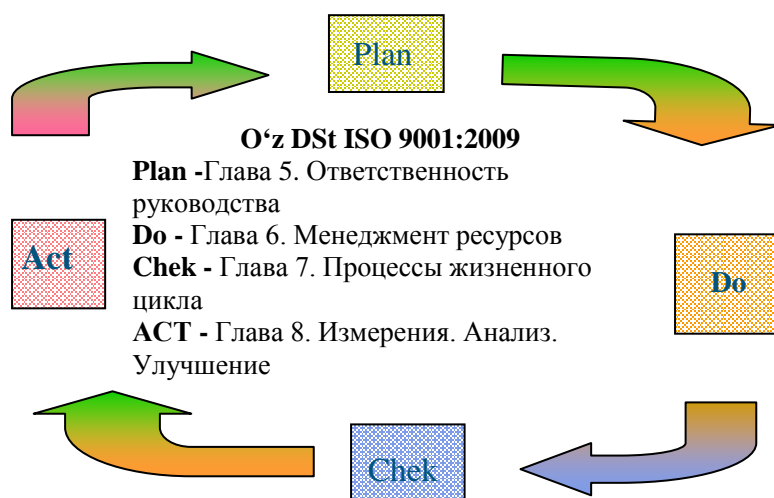
Теперь, после установление сущности понятия «управление качеством продукции», целесообразным вижу рассмотреть историю возникновения данного термина.

Управление качеством начиналось с выходного контроля готовой продукции. Система Тейлора, датируемая 1905 г. описывала точно отлаженный механизм управления качеством каждого изделия в отдельности. Эта система устанавливала требования к качеству продукции в виде шаблонов, называемых проходными и непроходными калибрами. Контроль осуществлялся специалистами (инспекторами). Система Тейлора ввела деление продукции на качественную и дефектную. Данная система хоть и не забыта, но сейчас она является лишь одним из звеньев в цепи составляющих управления качеством.

По мере того, как усложнялась продукция и производства встала проблема сокращения трудозатрат на контроль качества и повышения эффективности контроля. Для решения этой проблемы стали применять статистические методы контроля качества, в основе которых - методы математической статистики. Появилась возможность оценки качества методом выборочного контроля, предложенным Х. Доджем и Х. Ромингом. Суть выборочного контроля - в оценке качества всей партии продукции на основе оценки качества выборки. На предприятиях появились новые специалисты — инженеры по качеству.

Неоценимый вклад в развитие концепции управления качеством внесли работы В. Шухарта (Walter Shewhart), который, работая в компании Белла в составе группы специалистов по качеству, в середине 1920-х гг. ввел понятие цикла непрерывных технологических изменений на основании статистического контроля качества. А благодаря человеку-легенде Э. Демингу (W.Edwards Deming), одному из создателей японского “экономического чуда”, работы Шухарта и его коллег получили широкое

распространение. Сегодня всем известен знаменитый “цикл Деминга”, или цикл PDCA, представленный на рисунке 1.1.



**Рис. 1.1.- Цикл PDCA.**

Суть данной концепции сводится к следующим положениям:

1. Планирование совершенствования деятельности при обнаружении в ней ошибок и поиск решения возникших проблем.
2. Внедрение запланированных улучшений на небольшом участке работ с целью сокращения возможных сбоев в обычной деятельности на этапе решения проблем.
3. Контроль достижения желаемого результата с помощью тестовых изменений.
4. Непрерывный контроль ключевых мероприятий (независимо от продолжительности эксперимента) с целью обеспечения возможности определения вновь возникающих проблем.
5. Действие с целью внедрения изменений в больших масштабах в случае успешности эксперимента.
6. Вовлечение в процесс внедрения изменений других участников, чье сотрудничество потребуется при внедрении изменений или которые просто могут извлечь полезный опыт из проделанной работы.

Бурное развитие теории управления качеством пришлось на конец 40-х – 50-е гг. В это время А. Фейгенбаум (Armand V. Feigenbaum) предложил

модель Всеобщего контроля качества, TotalQualityControl (TQC), и определил понятие стоимости качества.

А. Фейгенбаум, предложив рассматривать не конечный результат производства, а каждый этап создания изделия, фактически совершил переход от концепции контроля к концепции управления качеством. Система всеобщего контроля над качеством, А. Фейгенбаума, в полном объеме была внедрена в работу на японских предприятиях Э. Демингом, в 1950 г. Считается, что именно деятельность Деминга во многом повлияла на появление недорогих и высококачественных японских товаров.

Другим важнейшим событием в эволюции управления качеством, стала публикация в 1951 г. Джозефом Джураном (Joseph M. Juran) книги “Руководство по управлению качеством”. Джурану принадлежит идея трилогии качества, в которой выделены три аспекта стратегического планирования качества в организации: планирование качества, улучшение качества, управление качеством.

В конце 50-х годов, когда в ряде развитых стран были удовлетворены первые жизненные потребности населения, важнейшим условием выживания компаний в жесткой конкурентной среде стало качество изделий. В 1976 году известный японский специалист К. Исикава публикует свои работы, где описываются методы построения причинно-следственных диаграмм для решения проблемы качества. В это же время другой, не менее известный японский ученый Г. Тагути публикует работы, в которых выдвигаются идея и методы обеспечения высшего уровня качества путем принятия оптимальных решений на этапе проектирования изделий.

Аналогичные процессы шли и в Советском Союзе. На государственном уровне ставилась задача повышения качества производственных изделий, в первую очередь, применительно к оборонной промышленности. Велась разработка систем и методов управления качеством на производстве.

Обостренное внимание к качеству продукции во всем мире вызывалось не только конкуренцией товаров, но и рядом других факторов: необходимостью соблюдения эргономических, экологических, технологических требований.

В 60-ые годы начала создаваться концепция обеспечения качества в медицинской промышленности путем внедрения правил GMP (Good Manufacturing Practice). С самого начала они создавались на основе комплексного подхода к обеспечению качества, хотя в разные периоды особое внимание уделялось различным элементам качества. К 80-ым годам внимание переместилось на подготовку кадров и разработку стандартных инструкций (SOP) на каждую технологическую и вспомогательную операцию.

Конец 80-х годов отмечен формированием методологии всеобщего (или всеобъемлющего) управления качеством (Total Quality Management — TQM), главным содержанием которой является ответственность всех работников предприятия не только за качество продукции и услуг на всех стадиях разработки, создания и использования, но и за качество функционирования предприятия в целом. Первым шагом на пути к TQM стало появление стандартов ИСО серии 9000 и широкое внедрение их в практику. В этих стандартах качество определяется как "совокупность свойств и характеристик изделий или услуг, обеспечивающих удовлетворение обусловленных или предполагаемых потребностей".

Таким образом, рассмотрев историю, становится понятно, что человека вопросы качества стали интересовать ещё с появления первых механизмов, однако, развитие управления качеством начинается только с перехода к товарно-денежному отношению, а оформляется в не до конца совершенный, но уже отлаженный механизм он только 1905 году. 21 век провозглашён веком качества и это не случайно, ведь сейчас от качества продукции зависит не только конкурентоспособность предприятия, но и вообще уровень жизни людей.

Таким образом, сравнение взглядов различных авторов на понятие «управление качеством продукции» позволило сделать вывод, что его следует рассматривать как процесс, применяя к нему все требования процессного подхода.

## **Управление качеством продукции как основа повышения конкурентоспособности предприятия**

По мере развития экономических реформ в Республики Узбекистан все большее внимание уделяется качеству. Решение проблемы повышения качества на микроуровне важно и для экономики в целом, т. к. позволит установить новые пропорции между ее отраслями и внутри отраслей. Например, между металлургической промышленностью и машиностроением. Обеспечение этих пропорций может быть обеспечено путем совершенствования технологии производства машиностроительной продукции и повышения ее экономичности. Повышение же качества продукции машиностроения имеет значение для автоматизации производственных процессов в других отраслях.

Если не уделять серьезного внимания качеству, потребуются значительные средства на исправление дефектов. Гораздо больший эффект будет достигнут путем разработки долгосрочных программ по предотвращению дефектов.

Качество является важным инструментом в борьбе за рынки сбыта. Именно качество обеспечивает конкурентоспособность товара. Оно складывается из технического уровня продукции и полезности товара для потребителя через функциональные, социальные, эстетические, эргономические, экологические свойства. При этом конкурентоспособность определяется совокупностью качественных и стоимостных особенностей товара, которые могут удовлетворять потребности потребителя, а также расходами на приобретение и потребление соответствующего товара. Важно учесть, что среди продукции аналогичного назначения большей конкурентоспособностью обладает продукция с наивысшей полезной эффективностью по отношению к суммарным затратам потребителя. Безусловно, повышение качества сопряжено с затратами. Однако они окупятся благодаря полученной прибыли.

В командно-административной экономике качество трактуется с позиции производителя. В рыночной же экономике качество рассматривается с позиции потребителя, с позиций соответствия продукции требованиям потребителя.

Кроме того, нельзя рассматривать качество изолированно с позиций производителя и потребителя. Без обеспечения технико-эксплуатационных, эксплуатационных и других параметров качества, записанных в технических условиях (ТУ) не может быть осуществлена сертификация продукции.

Важными свойствами для оценки качества являются:

- \* технический уровень, который отражает материализацию в продукции научно-технических достижений;

- \* эстетический уровень, который характеризуется комплексом свойств, связанных с эстетическими ощущениями и взглядами;

- \* эксплуатационный уровень, связанный с технической стороной использования продукции (уход за изделием, ремонт и т. п.);

- \* техническое качество - функциональная точность, надежность, длительность срока службы.

Позиции соответствия можно также определить четырьмя составляющими:

- \* соответствие стандарту

- \* соответствие применению

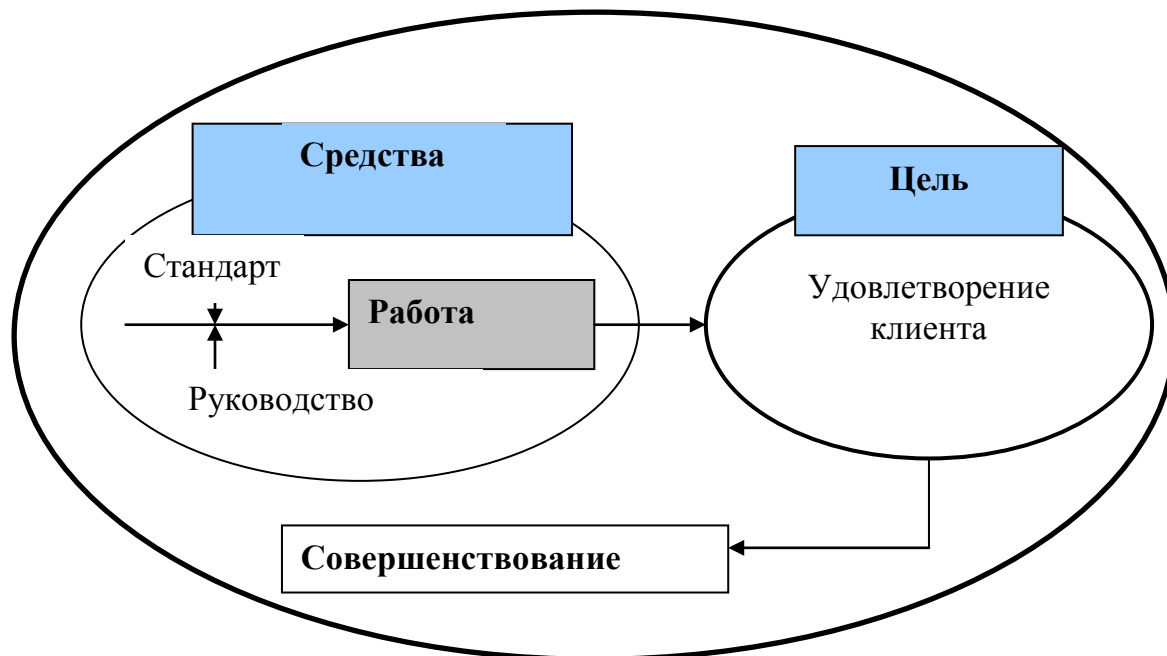
- \* соответствие стоимости

- \* соответствие скрытым потребностям.

Можно подвести итог, что единственный выход в борьбе за потребителя, лучшее средство для успеха в бизнесе - это понимание потребностей потенциальных клиентов и их выполнение.

Развивая науку управления качеством, японские производители ввели понятие концепции "модель на сбыт", которая сосредоточивает внимание на вводимом ресурсе с рынка и гласит, что работа не является хорошо выполненной до тех пор, пока не удовлетворен покупатель. Конкуренция

"модель на сбыт" говорит: "Покупатель – король" (или королева – японцы дают свою версию этой пословицы – "покупатель – бог"). Данная концепция приведена на рисунке 1.2.



**Рис. 1.2. Концепция "модель на сбыт". Ориентация на клиента**

Концепция "модель на сбыт" гласит, что каждый служащий имеет покупателей. Компания имеет, конечно, внешних покупателей и их необходимо удовлетворить; однако, каждый человек в компании, неважно как далеко он находится от внешних покупателей, также имеет их. Эта идея выражена лозунгом "следующий процесс – ваш покупатель" означает, что каждый этап продукта или услуги должен удовлетворять или обслуживать все последующие процессы. Поэтому, внутренние покупатели (следующие процессы) имеют такое же важное значение, что и внешние. Кто бы ни использовал продукт вашей работы – это ваш покупатель.

Конечно же, требования покупателей меняются, поэтому требуется обратная связь с покупателями и процессы, способные улучшить продукт со временем – его характеристики, то, как он работает и способ его производства. Японцы называют этот процесс усовершенствования "Kaizen". Его концепция включает в себя идею процесса усовершенствования для

налаживания работы и для того, чтобы продукт производился так, как этого требуют изменяющиеся потребности покупателя.

К сожалению, традиционные структуры управления обычно не очень хорошо подходят для работы по полному удовлетворению покупателя. В современных российских компаниях есть функциональное управление, но нет управления межфункционального. Они сосредоточивают внимание на результатах, а не причинах, т.е. они в центр внимания ставят зависимую переменную, а не независимую. Они скорее пытаются разработать совершенные стандарты, нежели рассматривать их как часть непрерывного процесса усовершенствования. Они скорее руководят своими рабочими, нежели вовлекают их в процесс усовершенствования.

Для достижения успеха теория TQM предлагает два основных способа.

Во-первых, лучший способ удовлетворить покупателя – доставить высококачественный продукт по низкой цене, когда этого хочет покупатель. Для достижения этих целей вы должны понять, какой продукт действительно хочет покупатель, спроектировать и изготовить его так, чтобы он действительно хочет покупатель, спроектировать и изготовить его так, чтобы он действительно хорошо работал (устраняя все дефекты) и сделать это быстро. Кроме того, что это удовлетворяет покупателей, все это экономит деньги компании за счет уменьшения материальных средств. Концентрация внимания на качестве, определенном покупателем, выполняет двойную обязанность – это удовлетворяет покупателей и позволяет компании работать как можно это удовлетворяет покупателей и позволяет. Во-вторых, покупатели хотят множество различных вещей. Некоторых интересует исключительно низкая стоимость, некоторые руководствуются личными амбициями, некоторые хотят избежать спорного решения при покупке, а некоторые получают удовольствие от влияния на поставщика. Однако, большинство покупателей заботит кое-что другое: примерно 70-80% из них хотят иметь качественный продукт по низкой цене. Персонал компании также хочет множество различных вещей. Некоторых интересует лишь

выгода, некоторые хотят общественного блага, некоторые хотят работать, используя высочайшую технологию, а часть людей заинтересована лишь в личном продвижении по службе. Однако, большинство старается добиться совершенства в работе. Качество, вероятно, единственная область, где существует такое огромное выравнивание между целями покупателя и целями персонала. Достижение этого выравнивания является вторым способом, при котором концентрация внимания на качество выполняет двойную обязанность.

Преобладающая часть современного мирового производства представлена производством товаров. Поэтому то или иное изготавливаемое изделие воплощает в себе как потребительную стоимость, так и стоимость.

Следовательно, качество является комплексным понятием, отражающим эффективность всех сторон деятельности фирмы.

В настоящее время одной из серьезных проблем для российских предприятий является создание системы качества, позволяющей обеспечить производство конкурентоспособной продукции. Система качества важна при проведении переговоров с зарубежными заказчиками, считающими обязательным условием наличие у производителя системы качества и сертификата на эту систему, выданного авторитетным сертифицирующим органом. Система качества должна учитывать особенности предприятия, обеспечивать минимизацию затрат на разработку продукции и ее внедрение. Потребитель хочет быть уверенным в том, что качество поставляемой продукции будет стабильным и устойчивым.

### **Управление качеством продукции на предприятии**

Качество – комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности: разработка стратегии, организация производства, маркетинг и др. Важнейшей составляющей всей системы качества является качество продукции.

Производство продукции – это, в сущности, создание или рождение качества, т. е. суммы определенных свойств или “функциональной

совокупности”. Следовательно, процесс создания изделия (качества) и есть управляемый процесс. В процессе контроля различные параметры, определяющие качество изделия, сравниваются с эталонными, зафиксированными в используемых стандартах, нормативах и технических условиях. Информация о несоответствии уровня качества заданным стандартам (*сигнал рассогласования*) через цепь обратной связи (*ОС*) поступают в специальное подразделение (управляемый элемент), где проводится анализ и вырабатывают меры по устранению отклонений. Например, усовершенствование конструкции и технологии, замена станков, обучение персонала и др. Изделия, прошедшие контроль, поступают к потребителю, который дает решающую оценку уровня качества. Отзывы покупателя о качестве и рекламации направляются изготовителю. В соответствии с ними управляющий элемент также вырабатывает корректирующие меры.

Главная цель такой системы – обеспечить требуемый уровень качества и поддерживать его (а часто и повышать) в течение всего периода изготовления продукции.

Процесс управление качества продукции состоит из следующих укрупненных этапов:

- \* оценка уровня качества имеющихся на рынке аналогичных изделий, анализ требований покупателей;
- \* долгосрочное прогнозирование;
- \* планирование уровня качества;
- \* разработка стандартов;
- \* проектирование качества в процессе конструирования и разработки технологом;
- \* контроль качества исходного сырья и покупных материалов;
- \* пооперационный контроль в процессе производства;
- \* приемочный контроль;

\* контроль качества изделия в условиях эксплуатации (после продажи);

\* анализ отзывов и рекламаций покупателей.

Затем весь цикл повторяется сначала.

Каждый из перечисленных этапов распадается на множество процессов, операций и действий исполнителей. При этом процессы и действия с точки зрения процесса управления качеством имеют четко обозначенные цели, критерии контроля (стандарты), каналы обратной связи, процедуры анализа и методы воздействия. Следовательно, реальный процесс и система управления качеством представляют собой сложную совокупность взаимосвязанных контуров управления.

В свою очередь система управления качеством продукции включает следующие функции:

1. Функции стратегического, тактического и оперативного управления.
2. Функции принятия решений, управляющих воздействий, анализа и учета, информационно-контрольные.
3. Функции специализированные и общие для всех стадий жизненного цикла продукции.
4. Функции управления по научно-техническим, производственным, экономическим и социальным факторам и условиям.

Стратегические функции включают:

- \* прогнозирование и анализ базовых показателей качества;
- \* определение направлений проектных и конструкторских работ;
- \* анализ достигнутых результатов качества производства;
- \* анализ информации о рекламациях;
- \* анализ информации о потребительском спросе.

Тактические функции:

- \* управление сферой производства;
- \* поддержание на уровне заданных показателей качества;
- \* взаимодействие с управляемыми объектами и внешней средой.

Отсюда вытекают и основные этапы управления качеством продукции на предприятии:

1. Задачи руководства (политика в области качества, организация).
2. Система документации и планирования.
3. Документация требований и их выполнимость.
4. Качество во время разработки (планирование, компетентность, документация, проверка, результат, изменения).
5. Качество во время закупок (документация, контроль).
6. Обозначение изделий и возможность их контроля.
7. Качество во время производства (планирование, инструкции, квалификация, контроль).
8. Проверка качества (входные проверки, межоперационный контроль, окончательный контроль, документация испытаний).
9. Контроль за испытательными средствами.
10. Корректирующие мероприятия.
11. Качество при хранении, перемещении, упаковке, отправке.
12. Документирование качества.
13. Внутрифирменный контроль за системой поддержания качества.
14. Обучение.
15. Применение статистических методов.
16. Анализ качества и систем принимаемых мер.

Рассмотреть этапы реализации всех вышеперечисленных задач в курсовой работе не представляется возможным, поэтому я остановилась только на вопросах контроля качества.

Контроль качества независимо от совершенства применяемых для этого методик предполагает, прежде всего, отделение хороших изделий от плохих. Естественно, что качество изделия не повышается за счет выбраковки некачественных. Поэтому необходимо сосредотачивать внимание не на выявлении брака, а на его предупреждении, на тщательном контроле производственного процесса.

Большую роль в обеспечении качества продукции играют статистические методы, целью которых является исключение случайных изменений качества продукции. Статистические методы контроля качества подразделяются на:

- \* статистический приемочный контроль по альтернативному признаку;
- \* выборочный приемочный контроль по варьирующим характеристикам качества;
- \* стандарты статистического приемочного контроля;
- \* система экономических планов;
- \* планы непрерывного выборочного контроля;
- \* методы статистического регулирования технологических процессов.

Среди простых статистических методов, названных так ввиду их сравнительной несложности, убедительности и доступности, наибольшее распространение получили семь методов, выделенных в начале 50-х годов японскими специалистами под руководством К. Исикавы. В своей совокупности эти методы образуют эффективную систему методов контроля и анализа качества. С их помощью, по свидетельству самого К. Исикавы, может решаться от 50 до 95% всех проблем, находящихся в поле зрения производителей. Семь простых методов могут применяться в любой последовательности, в любом сочетании, в различных аналитических ситуациях, их можно рассматривать и как целостную систему, как отдельные инструменты анализа. Согласно К. Исикаве в семь простых методов входят: расслоение данных, диаграмма Парето, причинно-следственная диаграмма, гистограмма, диаграмма разброса, контрольная карта и контрольный листок.

Расслоение данных (стратификация) представляет собой группировку данных на страты (группы). На практике стратификация используется для расслаивания статистических данных по различным признакам и анализа выявленной при этом разницы.

Метод расслоения данных в чистом виде применяется: при расчете стоимости изделия, когда требуется оценка прямых и косвенных расходов

отдельно по изделиям и по партиям; при оценке прибыли от продажи изделий отдельно по клиентам и по изделиям; при оценке качества хранения отдельно по изделиям и по партиям и т. д.

Диаграмма Парето - разновидность столбиковой диаграммы применяемой для наглядного отображения рассматриваемых факторов в порядке уменьшения их значимости. Диаграмма Парето названа по имени итальянского экономиста Парето (1845-1923). Диаграммы Парето часто используют для анализа причин брака. С помощью диаграмм Парето в удобной и наглядной форме можно представить потери от брака в зависимости от причин появления брака. Диаграмма Парето может выражать результаты расслоения дефектов по причинам, по условиям, по положению и т. д. В результате анализа диаграмм Парето выявляют причины брака, имеющие наибольшую долю (наибольший процентный вклад) и намечают мероприятия по их устранению.

Причинно-следственная диаграмма часто называется также диаграммой Исикавы (по имени ее автора), диаграммой "причина-следствие", "рыбья кость", "рыбий скелет". Она позволяет выявить и систематизировать различные факторы и условия (например, исходные материалы, условия операций, станки и оборудование, операторы), оказывающие влияние на рассматриваемую проблему (на показатели качества, такие как размер резьбы, прочность на разрыв, твердость и т. д.). Информация о показателях качества для построения диаграммы собирается из всех доступных источников: используется журнал регистрации операций, журнал регистрации данных текущего контроля, сообщения рабочих производственного участка и т. д. При построении диаграммы выбираются наиболее важные с технической точки зрения факторы. Причины сортируются на наиболее вероятные; на причины, связанные с рассеянностью, и причины, связанные с небрежностью персонала; на причины трудно устранимые и причины, которые невозможно устранить.

Гистограмма представляет собой один из видов столбиковой диаграммы, дающей наглядное представление того, с какой частотой повторяется то или иное значение или группа значений.

Диаграмма разброса используется для выявления зависимости между показателями качества (результат) и основными факторами производства (причина) при анализе причинно-следственной диаграммы или для выявления корреляционной зависимости между факторами. Диаграмма разброса строится как график зависимости между двумя переменными  $x$  и  $y$ . Эффективным методом определения наличия или отсутствия корреляционной зависимости является метод медиан.

Контрольная карта представляет собой специальный бланк, на котором проводятся центральная линия и две линии выше и ниже средней, называемые верхней и нижней контрольными границами. На карту точками наносятся данные измерений или контроля параметров и условий производства. Исследуя изменение данных с течением времени, следят, чтобы точки графика не вышли за контрольные границы. Если обнаруживается выброс одной или нескольких точек за контрольные границы, это воспринимается как информация об отклонении параметров или условий процесса от установленной нормы.

Контрольный листок служит для сбора и упорядочения первичных данных. Заполнение контрольных листков является вспомогательным методом для использования контрольных карт, гистограмм и т. п. Формы листка могут быть самыми разнообразными и зависят от поставленной задачи. В контрольный листок заносят необходимые и достаточные данные для решения этой задачи

Перечисленные "семь инструментов контроля качества" при решении различных проблем могут использоваться как в отдельности, так и в различных комбинациях.

Таким образом, система управления качеством продукции представляет собой совокупность управленческих органов и объектов управления,

мероприятий, методов и средств, направленных на установление, обеспечение и поддержание высокого уровня качества продукции.

## **1.2. Основные положения статистических методов управления качества**

Основной задачей статистических методов контроля является обеспечение производства пригодной к употреблению продукции и оказание полезных услуг с наименьшими затратами.

Одним из основных принципов контроля качества при помощи статистических методов является стремление повысить качество продукции, осуществляя контроль на различных этапах производственного процесса.

Применение статистических методов – весьма действенный путь разработки новой технологии и контроля качества производственных процессов.

Все статистические методы базируются на понятии разброса. Применение на рабочем месте статистических методов для контроля за разбросом параметров изготавливаемого изделия является представлением в графическом виде простых для понимания статистических величин, характеризующих разброс.

Оценка разброса данных часто дает возможность понять характер процесса. Если разброс данных мал, можно ослабить контроль, если велик – это следует воспринимать как сигнал к необходимости регулирования процесса для повышения его стабильности, повышения качества исходных материалов, выявления и устранения неполадок оборудования и пр. Собранные данные могут быть использованы не только для принятия решений в момент их получения и анализа, но и для оценки различных проблем, рассматриваемых в течение более длительного срока, например, в течение месяца или года.

Статистические методы являются основой для эффективного распознавания проблем и их анализа. Таким образом, можно добиться

полной картины о возможных причинах проблем. Устанавливаются приоритеты и на основе фактов принимаются решения.

Статистические методы классифицируют по признаку общности на три основные группы (предложенная классификация не является исчерпывающей):

а) Графические методы

Это так называемые «семь инструментов контроля качества». К ним относятся:

1) **Контрольные листки**, позволяющие усовершенствовать процесс сбора данных и упорядочить данные для облегчения их дальнейшего использования.

2) **Диаграммы Парето**, позволяющие выяснить причины появления немногочисленных существенно важных дефектов и сосредоточить усилия на ликвидации именно этих причин.

С помощью диаграмм Парето анализируют виды брака, суммы потерь от брака, затраты времени и материальных средств на его использование, содержание рекламаций и затраты, связанные с рекламациями, число случаев поломок. Диаграммы Парето используются также для анализа временных факторов, себестоимости, безопасности труда, спроса на разные виды продукции, для определения эффективности мероприятий по устранению причин возникновения дефектов.

3) **Диаграммы причин и результатов (диаграмма Исикавы)**, показывающие отношение между показателем качества и воздействующими на него факторами. Использование диаграмм Исикавы эффективно при решении вопросов обеспечения качества продукции, повышения производительности труда, разработки рационализаторских предложений, повышения эффективности использования оборудования, совершенствования техники безопасности, разработки и внедрения стандартов на технологические операции и др.

4) **Гистограммы**, отражающие условия процесса за период, в течение которого были получены данные. Сравнение вида распределения гистограммы с контрольными нормативами дает важную информацию для управления процессом. Гистограммы удобны при составлении месячных отчетов о качестве выпускаемой продукции, о результатах технического контроля, при демонстрации изменения уровня качества по месяцам и т.д.

5) **Диаграммы рассеяния**, позволяющие выявить причинно-следственные связи показателей качества и влияющих факторов при анализе диаграммы Исикавы. Диаграмма рассеяния (разброса) строится как график зависимости между двумя переменными  $x$  и  $y$ .

6) **Контрольные карты**, позволяющие отделить вариации показателя качества, обусловленные определенными причинами, от вариаций, обусловленных случайными причинами. Контрольная карта представляет собой специальный бланк, на котором проводится центральная линия и две линии выше и ниже средней, называемые верхней и нижней контрольными границами. На карту точками наносятся данные измерений или контроля параметров и условий производства. Исследуя изменение данных с течением времени, следят, чтобы точки графика не вышли за контрольные границы. Если обнаруживается выброс одной или нескольких точек за контрольные границы это воспринимается как информация об отклонении параметров или условий процесса от установленной нормы. Для выявления причины отклонения исследуют влияние качества исходного материала или деталей, методов, операций, условий проведения технологических операций, оборудования.

7) **Метод расслоения (стратификации)**, в соответствии с которым, данные группируются в зависимости от условий их получения. Обработка каждой группы данных проводится отдельно. Расслоение помогает выявить причины появления дефектов, если обнаруживается разница в данных между «слоями».

б) методы анализа статистических совокупностей:

- 1)сравнения средних;
- 2)сравнения дисперсий;
- 3)регрессивный вид анализа;
- 4)дисперсионный вид анализа;

в) экономико-математические методы:

- 1)математическое программирование;
- 2)планирование эксперимента;
- 3)имитационное моделирование;
- 4)метод оценки риска и последствий отказов (FMEA);
- 5)теория массового обслуживания;
- 6)теория расписаний;
- 7)функционально-стоимостный анализ;
- 8)методы Тагути;
- 9)структурирование функции качества (СФК) или «Голос клиента».

«Семь инструментов контроля качества» (методы административного управления) позволяют простыми методами решить до 95 % проблем, возникающих при контроле качества в самых разных областях. Оставшиеся 5 % проблем требуют дополнительных методов решения.

«Семь новых инструментов контроля качества» относятся к методам обработки главным образом словесных (описательных) данных. Применение этих инструментов особенно эффективно, когда их используют как методы наиболее полной реализации планов на основе системного подхода в условиях сотрудничества всего коллектива предприятия.

Эти «семь новых инструментов» должны дополнять другие широко применяемые статистические методы контроля качества. Важно именно совместное применение уже известных методов контроля качества и «семи новых инструментов контроля качества».

К «семи новым инструментам контроля качества» относятся диаграммы сродства, диаграммы зависимостей, системная (древовидная)

диаграмма, матричная диаграмма, стрелочная диаграмма, диаграмма планирования оценки процесса (PDPC), анализ матричных данных.

**Диаграмма средства** служит для определения нарушений установленного процесса по состоянию нарушений и для указания возможных мер, требуемых для их устранения. Диаграмма средства представляет собой перечень основных нарушений, скомплектованных по принципу средства различных данных.

**Диаграмма зависимостей** составляется для того, чтобы проблемам, требующим решения, зафиксированным в диаграмме средства, поставить в соответствие основные причины, вызвавшие их появление. Классификация этих причин по важности осуществляется с учетом используемой технологии, а также числовых данных, характеризующих причины.

**Системная (древовидная) диаграмма** используется в качестве метода системного определения оптимальных средств решения возникших проблем и строится в виде многоступенчатой древовидной структуры, элементами которой являются различные средства и способы решения.

**Матричная диаграмма** выражает соответствие определенных факторов и явлений различным причинам их появления и средствам устранения их последствий, а также степень зависимостей этих факторов, причин их возникновения и мер по их устранению.

**Стрелочная диаграмма** используется при составлении оптимальных планов тех или иных мероприятий после того, как определены проблемы, требующие решения, определены необходимые меры, сроки и этапы их осуществления, т.е. после составления первых четырех диаграмм

**Диаграмма планирования оценки процесса** применяется для оценки правильности осуществления, а также необходимости корректирования тех или иных мероприятий в ходе их выполнения в соответствии со стрелочной диаграммой в случае решения сложных проблем в области научных разработок, в области производства при регулярном появлении брака, при получении крупных заказов со стороны и т.д.

**Анализ матричных данных** – это обработка большого количества числовых данных, полученных при осуществлении каждого этапа матричной диаграммы. Этот анализ проводится с помощью графиков отдельно для каждой группы данных.

В соответствии с положением стандартов ИСО серии 9000 статистические методы рассматриваются как одно из высокоэффективных средств обеспечения качества и являются основой для эффективного распознавания проблем и их анализа.

Они ориентированы на разработку сквозного механизма на всех этапах жизненного цикла продукции, начиная с исследования требований рынка к качеству продукции и кончая ее утилизацией после использования. Внедрение статистических методов должно быть направлено на создание гарантий непрерывности процесса обеспечения качества в соответствии с требованиями потребителя.

Применение этих методов, не требуя больших затрат, позволяет с заданной степенью точности и достоверности судить о состоянии исследуемых явлений (объектов, процессов) в системе качества, прогнозировать и регулировать проблемы на всех этапах жизненного цикла продукции и на основе этого вырабатывать оптимальные управленческие решения (приложение А).

При осуществлении контроля качества производится обязательный сбор данных, а затем их обработка. Для этого необходимо:

а)определить состав производственных проблем, подлежащих решению с помощью статистических методов.

б)определить цель сбора информации:

1)контроль и регулирование производственного процесса;

2)анализ отклонений от установленных требований;

3)контроль продукции.

в)выявить характер сравнений, которые нужно произвести, и типа данных, которые нужно собрать:

- 1) необходимо определить назначение собираемых данных;
- 2) определить количество и размер выборок используемых данных;
- 3) проводить разделение данных на несколько подгрупп по определенному признаку (стратификация).

При выявлении зависимости между значениями двух показателей, данные следует собирать парами;

г) упорядочить данные для облегчения их последующей обработки. Для этого нужно четко зарегистрировать источник данных;

**Пример** – День недели сбора данных, станок, на котором производилась обработка, рабочий, делавший операцию, партия используемых материалов и т.д.

д) провести регистрацию данных должна происходить таким образом, чтобы их легко было использовать.

**Пример** – Данные ста образцов, собираемых четыре раза в день в течение 25 дней, удобно регистрировать в форме, показанной в таблице 1.2, где по горизонтали фиксируется время измерений, а по вертикали – дата.

Таблица 1.2

Пример формы регистрации данных

Дата	Время измерений, ч			
	9.00	11.00	14.00	16.00
1 февраля	12.3	12.7	12.9	13.1
2 февраля	11.8	12.1	11.6	11.9
3 февраля	12.3	11.9	12.4	12.8

В случае необходимости постоянного сбора данных нужно заранее разработать стандартные формы регистрации данных.

Систематизация, обработка и исследование такого большого числа данных с помощью различных методов с целью выявления определенных закономерностей, которым они подчиняются, называется статистической обработкой; данные при этом называются статистическими данными, а применяемые методы – статистическими методами. Обычно для обработки и

анализа данных используют не один, а несколько статистических методов. Это иногда позволяет получить ценную информацию, которая при анализе разброса данных только одним методом может ускользнуть.

Решение проблемы осуществляется в ходе следующих семи этапов:

- 1) **Поиск проблемы:** выявление конкретной проблемы;
- 2) **Наблюдения:** внимание в суть проблемы;
- 3) **Анализ:** отыскание главных причин;
- 4) **Проведение мероприятий:** осуществление действий по устранению причин;
- 5) **Проверка:** подтверждение эффективности действий;
- 6) **Стандартизация:** постоянное устранение причин;
- 7) **Окончание работы:** оценка действий и планирование дальнейшей работы.

Таблица 1.3

**Применение статистических методов в разработке корректирующих и предупреждающих действий**

Этапы жизненного цикла продукции	Проблема	Статистические методы
1	2	3
1 Маркетинг: поиск и изучение рынка	1.1 Изучение и оценка рыночного спроса и перспектива его изменений	Методы анализа статистических совокупностей; экономико-математические (динамическое программирование, имитационное моделирование).
	1.2 Анализ пожеланий потребителей в отношении качества и цены продукции	Экономико-математические методы (СФК).
	1.3 Прогнозирование цены, объема выпуска, потенциальной доли рынка, ожидаемой продолжительности жизни продукции на рынке	Экономико-математические методы (теория массового обслуживания, теория игр, линейное и нелинейное программирование).

2 Проектирование и разработка технических требований; разработка продукции	2.1 Нормирование требований к качеству продукции.	Графические методы (схема Исикавы, диаграмма Парето, гистограмма и др.); методы анализа статистических совокупностей; экономико-математические методы (методы Тагути, СФК, планируемого эксперимента, метод оценки риска и последствий отказов (FMEA)).
	2.2 Определение технических требований в области надежности.	
	2.3 Оптимизация значений показателя качества продукции.	
	2.4 Оценка технического уровня продукции	
	2.5 Испытания опытных образцов или опытных партий новой (модернизированной) продукции	Графо-аналитические методы (гистограмма, расслоенная гистограмма), методы анализа статистических совокупностей (методы проверки статистических гипотез, сравнение средних, сравнение дисперсий); экономико-математические методы (планирование эксперимента)
2.6 Обеспечение безопасности продукции	Экономико-математические методы (имитационное моделирование; метод деревьев вероятностей)	
3 Материально-техническое снабжение	3.1 Формирование планов обеспечения предприятий материально-техническими ресурсами требуемого качества	Экономико-математические методы (теория массового обслуживания, линейное программирование)
	3.2 Оценка возможностей поставщиков и системы обеспечения качества предприятий-поставщиков	Экономико-математические методы (системный анализ, динамическое программирование, теория массового обслуживания)
	3.3 Своевременное обеспечение поставок материально-технических ресурсов	Экономико-математические методы (систематический анализ, динамическое программирование, теория массового обслуживания)
	3.4 Снижение затрат на материально-техническое обеспечение качества продукции	Экономико-математические методы (методы Тагути, функционально-стоимостной анализ)

4 Разработка и подготовка производственных процессов	4.1 Разработка технологических процессов	Экономико-математические методы (методы Тагути); графо-аналитические методы (графики разброса и др); методы анализа статистических совокупностей (дисперсионный, регрессивный, корреляционный виды анализа)
	4.2 Отладка точности и стабильности технологических процессов	Методы статистического оценивания точности и стабильности технологических процессов (гистограммы, точностные диаграммы, контрольные карты)
5 Производство	5.1 Обеспечение стабильности качества продукции при производстве 5.2 Поддержание в надлежащем состоянии инструмента и оснастки	Методы статистического регулирования технологических процессов (точностные диаграммы, контрольные карты); метод оценки риска и последствий отказов (FMEA).
6 Контроль, проведение испытаний и обследований	6.1 Соблюдение метрологических правил и требований при подготовке, выполнении и обработке результатов испытаний. Анализ качества продукции.	Графо-аналитические методы (гистограмма, график разброса); методы анализа статистических совокупностей (методы проверки статистических гипотез, сравнение средних сравнение дисперсий)
	6.2 Выявление и устранение готовой продукции, качество которой не соответствует установленным требованиям	Методы статистического приемочного контроля
	6.3 Определение проблем в области качества	Графо-аналитические методы (схема Исикава, диаграмма Парето, расслоение диаграммы Парето); экономико-математические методы (функционально-стоимостной анализ СФК)
	6.4 Разработка и документирование процедур, корректирующих воздействие по	Экономико-математические методы (методы Тагути, СФК, теория игр, динамическое программирование)

	функциям системы качества	
7 Упаковка и хранение	7.1 Анализ соблюдения требований к упаковке и хранению продукции на предприятии	Методы статистического приемочного контроля; экономико-математические методы (теория массового обслуживания)
8 Реализация и распределение продукции	8.1 Организация эффективной рекламы продукции 8.2 Обеспечение качества транспортировки продукции	Экономико-математические методы (теория игр, метод Монте-Карло) Экономико-математические методы (линейное программирование, теория массового обслуживания)
9 Монтаж и эксплуатация	9.1 Периодический анализ качества продукции в процессе производства. 9.2 Анализ затрат потребителей при использовании продукции	Графические методы (график временного ряда и др.); методы анализа статистических совокупностей (факторный анализ и др.). Экономико-математические методы (метод Тагути, функционально-стоимостный анализ, СФК)
10 Техническая помощь в обслуживании	10.1 Организация гарантийного ремонта продукции. 10.2 Организация своевременной поставки запасных частей	Экономико-математические методы (теория массового обслуживания, линейное программирование и др.)
11 Послепродажная деятельность	Анализ отказов и других несоответствий продукции. Организация своевременной поставки запасных частей	Графические методы (график временного ряда и др.); методы анализа статистических совокупностей (факторный анализ и др.)
12 Утилизация после использования	Изучение возможности использования продукции несоответствующего качества или по истечении срока службы	Экономико-математические методы (график временного ряда и др.); методы анализа статистических совокупностей (факторный анализ и др.). Экономико-математические методы (функционально-стоимостный анализ, СФК и др.).

### **1.3. Виды и применения контрольных карт при управлении качеством продукции**

Одним из наиболее важных инструментов статистического управления качеством являются контрольные карты (КК), предназначенные для оценки нахождения технологического процесса в статистически управляемом (устойчивом) состоянии. Впервые этот инструмент был предложен в 1924 году Уолтером Шухартом (Shewhart), а к настоящему времени разработано большое количество контрольных карт, которые делятся на три вида: КК Шухарта, приемочные и адаптивные. КК представляют простой графический метод оценки управляемости процесса по результатам сравнения измерений с заданными контрольными границами.

Отклонения показателя качества могут быть классифицированы по двум видам: случайные отклонения, как правило, обусловленные большим количеством различных случайных факторов (вибрации, колебания питающих напряжений, температуры, влажности и т. п.) и неслучайные отклонения, вызванные особыми причинами (сдвиг шкалы измерительного прибора, станка, несоответствие сырья или комплектующих техническим условиям по номинальному значению). С помощью КК выявляются неслучайные отклонения и, следовательно, воздействие на технологический процесс особых причин.

Инструмент КК применяется как для анализа количественных данных, когда результаты измерений показателя качества выражаются в числовой форме (например, измеряется диаметр вала), так и для анализа «альтернативных» данных, когда информация об объектах ограничена выводом типа «да»/«нет» (например, диаметр вала измеряется с помощью двух калибров). В первом случае применяются КК по количественному признаку, во втором -- по альтернативному.

Простейшей контрольной картой является КК Шухарта для среднего ( $\bar{X}$ ), предназначенная для управления по количественному признаку (ГОСТ Р 50.1.018-98, ГОСТ Р 50779.42-99 (ИСО 8258-91)). Эта карта строится

следующим образом. На график наносится центральная линия, соответствующая номинальному по техническим условиям значению. Далее из результатов измерений контролируемого показателя качества формируются однородные выборки (группы), каждая из которых содержит некоторое количество измерений. По каждой выборке вычисляется выборочное среднее значение, которое наносится на КК. Относительно центральной линии на расстоянии, равном трем  $2\sigma$  среднеквадратическим отклонениям выборочных средних значений, на карту нанесены контрольные границы. Если очередная точка выходит за контрольную границу, регистрируется факт разладки и технологический процесс останавливается для выявления и устранения особых причин.

По ГОСТ Р 50779.42-99 на одном листе одновременно с построением карты среднего строится **карта размахов (R)** или **карта выборочных стандартных отклонений (s)**. Если карта среднего позволяет обнаружить разладку технологического процесса относительно центра настройки на параметр качества, то карты размахов или стандартных отклонений предназначены для обнаружения разладки точности. Такая разладка возникает, например, по причине износа применяемых в технологическом процессе оборудования, оснастки, инструмента или ухудшения качества комплектующих и материалов. При построении карты размахов или карты выборочных стандартных отклонений по каждой выборке (группе) находятся соответственно размах или стандартное отклонение, которые наносятся на карту с установленными на ней контрольными границами. Выход точки за пределы контрольных границ сигнализирует о разладке процесса.

На КК **Шухарта по альтернативному признаку** (карта долей несоответствующих единиц продукции (p)) наносятся относительные доли бракованных изделий в выборках. Здесь так же, как и в первом случае, имеются центральная линия и контрольные границы, но при выходе очередной точки за нижнюю границу следует определить особую причину

улучшения технологического процесса с целью зафиксировать его в этом новом благоприятном состоянии.

Кроме перечисленных выше КК в соответствии с **ГОСТ Р 50779.42-99** применяются также КК Шухарта для **медиан (Me)** и **размахов (R)**, **карта числа несоответствующих единиц (np)**, **карта числа несоответствий (c)** и **карта числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции (u)**. Принципы построения этих карт аналогичны рассмотренным.

**КК арифметического среднего** строится в соответствии с **ГОСТ Р 50779.41-96**. Эта карта сложнее, чем КК Шухарта по количественному признаку. Кроме контрольных на ней присутствуют и предупредительные границы. Выход отдельной точки за предупредительную границу не влечет никаких последствий, однако если за эту границу выходят определенное количество последовательных точек, следует сигнал остановки технологического процесса. В остальном эта КК аналогична КК Шухарта.

**Приемочная КК по ГОСТ Р 50779.43-99** соединяет рассмотрение вопросов управления процессом с элементами приемочного выборочного контроля. Она является средством, позволяющим принять решение относительно приемлемости процесса с точки зрения нормативной доли несоответствующих единиц продукции. Приемочная КК может применяться как для случая контроля по количественному признаку, так и для случая контроля по альтернативному признаку.

При построении приемочной контрольной карты по количественному признаку по оси абсцисс откладывают номера выборок (групп), связанные с датами измерений, а по оси ординат – средние значения параметра качества в выборках. Если очередное среднее значение выходит за приемочные контрольные границы, процесс признается неприемлемым.

## **Выводы по главе 1**

В этой главе проведено анализ проблемы в области современного статистического управления процессов и рассмотрены теоретические основы управления качеством продукции.

Рассмотрено и изучено основные положения статистических методов управления качеством, а также проанализировано виды.

## Глава 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИК СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

### 2.1. Основные положения и теоретические основы статистического управления процессом

Модель статистического управления сложными технологическими процессами, основными элементами которой являются декомпозиция сложного технологического процесса, выявление показателей качества, сбор и предварительная обработка данных и установление корреляции между показателями качества, выявление ключевых показателей качества и управление сложным технологическим процессом через изменение их значений (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Модель статистического управления сложными технологическими процессами

Основной задачей декомпозиции сложного технологического процесса является получение адекватной графической модели, отражающей:

- все имеющиеся подпроцессы сложного технологического процесса (глубина декомпозиции 5-15 подпроцессов);
- последовательность этих подпроцессов;
- входы и выходы подпроцессов;
- подпроцессы, реализующиеся в зависимости от проекта.

Выявление показателей качества сложного технологического процесса и составляющих его подпроцессов включает в себя:

- выявление показателей качества выходов сложного технологического процесса;
- выявление показателей качества выходов подпроцессов;
- выявление показателей качества управляющих воздействий для показателей качества выходов подпроцессов;
- выявление показателей качества входов сложного технологического процесса;
- определение законодательных и других требований к сложному технологическому процессу и его подпроцессам.

В рамках предварительной обработки собранных данных определяются законы распределения значений показателей качества, проверяется с помощью критерия Романовского близость законов распределения, полученных эмпирическим путем, к теоретическим законам распределения, рассчитываются основные параметры законов распределения значений показателей качества: математическое ожидание ( $M_i$ ) и дисперсия ( $D_i$ ), и определяются границы доверительных интервалов и истинные значения этих параметров.

Для расчета корреляции между показателями качества выходов сложного технологического процесса и показателями качества подпроцессов разработан коэффициент вклада. Данный коэффициент позволяет учесть накопленный вклад математического ожидания и/или дисперсии значений

рассматриваемого показателя качества подпроцесса и показателей качества, предшествующих ему, в математическое ожидание и/или дисперсию значений показателя качества выхода сложного технологического процесса. Коэффициент вклада ( $k_{\text{в.}}$ ) в зависимости от исследуемого параметра рассчитывается по формулам:

$$k_{M_{\text{в.}}} = \frac{M_{x_i} a_i + b_i}{M_x} * 100\%, \quad (1)$$

$$k_{\sigma_{\text{в.}}} = \frac{\sigma_{x_i} a_i}{\sigma_x} * 100\%, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение,  $x$  – значение показателя качества выхода сложного технологического процесса,  $x_i$  – значение показателя качества, предшествующего показателю качества выхода сложного технологического процесса,  $a_i$  – коэффициент регрессии  $x_i$ ,  $b_i$  – постоянная величина.

Для определения ключевого показателя качества разработан коэффициент прироста, позволяющий оценить отдельный вклад математического ожидания и/или дисперсии значений показателей качества подпроцесса в математическое ожидание и/или дисперсию значений показателя качества выхода сложного технологического процесса. Для определения ключевого показателя качества необходимо определить показатель качества с максимальным коэффициентом прироста. Коэффициент прироста ( $K_{\text{прир.}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{прир.}l_f} = K_{\text{в.}l_f} * \left( 1 - \frac{\sum K_{\text{в.}(l-1)g}}{\sum K_{\text{в.}l_f}} \right), \quad (3)$$

где  $l$  – уровень в иерархии показателей качества  $x_i$ ,  $f$  – порядковый номер  $x_i$  на уровне  $l$ ,  $g$  – порядковый номер показателя качества уровня  $l-1$ , непосредственно связанного с  $x_{l_f}$ .

После определения показателя качества с наибольшим коэффициентом прироста необходимо рассчитать значения коэффициента вклада для показателей качества его управляющих воздействий. Это делается для определения необходимости расчета уровня возмущающих воздействий

для рассматриваемого показателя качества. Возмущающие воздействия могут быть вызваны неучтенными показателями качества и/или взаимодействиями между показателями качества. Вычисление уровня возмущающих воздействий целесообразно проводить при выполнении неравенства:

$$\sum_{g=1}^n K_{B(l-1)g} + \sum_{u=1}^v K_{B,u} < 0,8K_{B,l_f}$$

где  $u$  – порядковый номер показателя качества управляющего воздействия для показателя качества выхода подпроцесса с максимальным значением коэффициента прироста. (4)

Для расчета уровня возмущающих воздействий разработан коэффициент уровня возмущающих воздействий ( $K_{z_i}$ ):

$$K_{Mz_i} = 1 - \frac{(\sum_{g=1}^n K_{B(l-1)g} + \sum_{u=1}^v K_{B,u})}{K_{B,l_f}} \quad (5)$$

$$K_{\sigma z_i} = 1 - \left( \frac{[\sum_{g=1}^n \alpha_g^2 \sigma_{x_g}^2 + 2 \sum_{g < l} K_{im}] + [\sum_{u=1}^v \alpha_u^2 \sigma_{x_u}^2 + 2 \sum_{u < v} K_{uv}]}{\sigma_{x_i}^2 K_{B,l_f}} \right) * 100\% \quad (6)$$

При высоких значениях коэффициента уровня возмущающих воздействий ( $K_{z_i} > 0,2$ ), существует значительная вероятность того, что некоторые показатели качества или взаимосвязи между ними, существенно влияющие на исследуемую группу показателей качества, не определены.

Статистического управления сложными технологическими процессами (рис. 2.2). Данная методика дополнительно включает организацию работ, а также необходимые методы и инструменты для эффективного внедрения разработанной модели.

Принятие решения о внедрении. Выбор сложного технологического процесса. Создание межфункциональной команды. Для внедрения методики статистического управления сложными технологическими процессами необходимо заручиться поддержкой высшего руководства организации и сформировать межфункциональную команду, которая будет проводить

дальнейшие работы в соответствии с методикой. Выбор сложного технологического процесса проводится на основе:

- анализа высшим руководством результатов мониторинга и измерений действующих технологических процессов;
- результатов использования методики статистического управления сложными технологическими процессами.

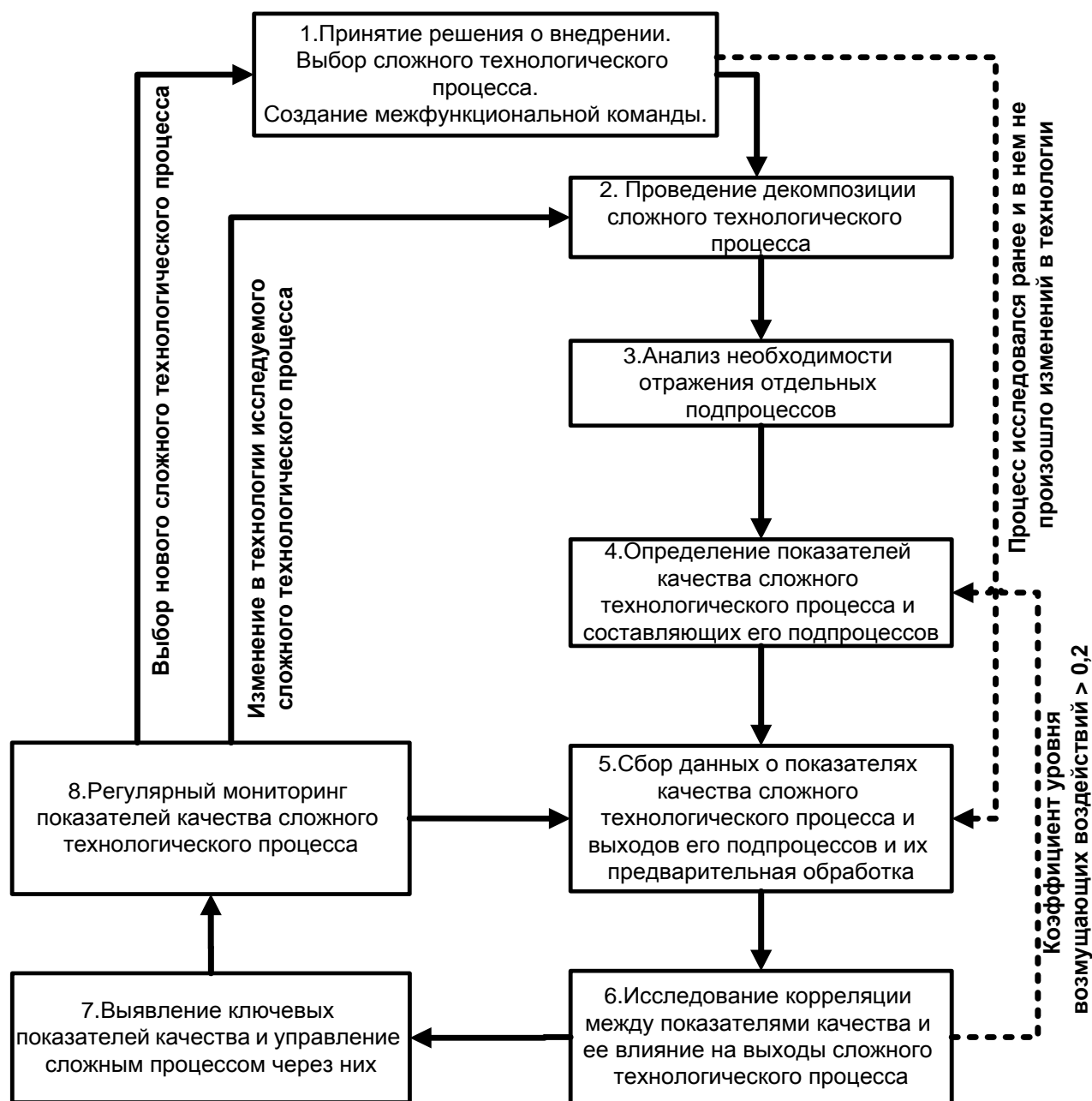


Рис. 2.2. Методика статистического управления сложными технологическими процессами

Проведение декомпозиции сложного технологического процесса. Для проведения декомпозиции необходимо опираться на принципы, изложенные выше для модели статистического управления сложными технологическими процессами. После проведения декомпозиции следует провести анализ адекватности полученной модели сложного технологического процесса, с целью выявления недостающих входов, выходов, подпроцессов и взаимосвязей между ними.

Анализ необходимости отражения отдельных подпроцессов. Анализ проводится с целью оптимизации трудоемкости работ и исключения подпроцессов, не приносящих добавленную ценность. Данный анализ устанавливает:

- необходимость отражения подпроцессов, которые могут реализовываться или не реализовываться в зависимости от особенностей конкретного заказа;

- необходимость отражения «обособленных» подпроцессов, которые оказывают минимальное воздействие на показатели качества выходов сложного технологического процесса;

- подпроцессы, не приносящие добавленной ценности, для последующего прекращения их реализации.

Определение показателей качества сложного технологического процесса и составляющих его подпроцессов. Для оптимизации определения показателей качества разработаны два инструмента: анализ необходимости измерения показателей качества и древовидная диаграмма показателей качества.

Анализ необходимости измерения показателей качества проводится на основе экспертных оценок (по шкале от 0 до 9 баллов) рангов значимости (S) и измеримости (I). Ранг значимости показывает необходимость измерения показателей качества, ранг измеримости показывает возможность и трудоемкость измерения показателей качества.

По результатам проведенных оценок рассчитывается средневзвешенная оценка по каждому рангу:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{n}, \quad (7)$$

где  $R_i$  – значение оцениваемого ранга (S или I) для  $i$ -го показателя качества,  $h_{ij}$  – балльная оценка  $i$ -го показателя качества  $j$ -ым экспертом,  $n$  – количество экспертов.

Оценка необходимости измерения показателя качества ( $N$ ) рассчитывается как:

$$N = \sqrt{R_s \times R_I}. \quad (8)$$

Древовидная диаграмма показателей качества строится для графического представления результатов определения показателей качества и является схемой декомпозиции показателей качества выходов сложного технологического процесса важных для потребителей и заинтересованных сторон. Отличительными особенностями древовидной диаграммы показателей качества, являются:

- отображение нескольких показателей качества выходов сложного технологического процесса;
- отображение управляющих воздействий для показателей качества;
- отображение взаимосвязей между показателями качества одного уровня;

Сбор данных о показателях качества сложного технологического процесса и выходов его подпроцессов и их предварительная обработка.

Данный этап включает в себя: подготовку к сбору данных, сбор данных, проверка статистической устойчивости значений показателей качества с помощью контрольных карт, определение законов распределения значений показателей качества, определение основных параметров распределения значений показателей качества, определение доверительных интервалов и истинных значений этих параметров. Для уменьшения трудоемкости на этом

этапе не производится сбор и предварительная обработка данных по показателям качества управляющих воздействий.

Исследование корреляции между показателями качества сложного технологического процесса. Определение корреляции между показателями качества сложного технологического процесса проводится на основе расчета коэффициентов вклада (1,2) и коэффициентов прироста (3). При этом, если уравнение регрессии имеет нелинейный вид коэффициент вклада рассчитывается с помощью формул:

$$k_{МВ.} = \frac{M_{f(x_i)}}{M_x} * 100\%. \quad (9)$$

$$k_{\sigma B.} = \frac{\sigma_{f(x_i)}}{\sigma_x} * 100\%. \quad (10)$$

где  $f(x_i)$  – уравнение линии регрессии.

В этом случае расчет коэффициентов регрессии проводится с помощью метода наименьших квадратов.

В ходе реализации этого этапа необходимо выявить показатель качества с максимальным коэффициентом прироста. Если показатель качества с максимальным значением коэффициента прироста является показателем качества выхода подпроцесса, то следует проверить неравенство (4) и при необходимости рассчитать коэффициент уровня возмущающих воздействий (5,6). Если коэффициент возмущающих воздействий больше 0,2 необходимо дополнительно проанализировать состав показателей качества.

Выявление ключевых показателей качества и управление сложным технологическим процессом через изменение их значений. В случае если наибольший коэффициент прироста соответствует показателю качества входа сложного технологического процесса, то он является ключевым показателем качества. В случае если наибольший коэффициент прироста соответствует показателю качества выхода сложного технологического процесса, то ключевым показателем качества является один из показателей качества его управляющих воздействий. В этой ситуации необходимо

проанализировать управляющие воздействия с помощью робастного проектирования и определить:

- показатели качества управляющих воздействий, которые оказывают значительное влияние на соотношение сигнал-шум (s/n);
- показатели качества управляющих воздействий, которые оказывают значительное влияние на среднее значение при условии минимального влияния на соотношение сигнал-шум.

Управление выходами сложных технологических процессов производится с помощью изменения значений ключевых показателей качества.

Регулярный мониторинг показателей качества сложного технологического процесса. Мониторинг показателей качества сложного технологического процесса проводится с целью:

- наблюдения за ходом реализации сложного технологического процесса и соответствующих подпроцессов;
- оценки результативности действий, проводимых в рамках применения методики статистического управления сложными технологическими процессами;
- определения момента, когда выявленные ключевые показатели качества уже не обеспечивают значительный вклад в показатели качества выходов сложного технологического процесса для определения новых ключевых показателей качества.

Для расчета результативности действий, проводимых в рамках применения методики статистического управления сложными технологическими процессами, разработаны коэффициенты прироста результативности:

$$K_{\sigma p} = \left(1 - \frac{\sigma_{t_2}}{\sigma_{t_1}}\right) * 100\%, \quad (11)$$

$$K_{M p} = \left(1 - \left| \frac{M_{t_2} - \mu_0}{M_{t_1} - \mu_0} \right| \right) * 100\%, \quad (12)$$

где  $t_1$  – время оценки показателя качества выхода сложного технологического процесса до проведения разработанных мероприятий,  $t_2$  – время проведения оценки показателя качества выхода сложного технологического процесса после проведения разработанных мероприятий,  $\mu_0$  - номинальное значение показателя качества выхода сложного технологического процесса.

С помощью методики была проведена декомпозиция сложного технологического процесса «Производство печатной продукции» на основе, которой определены показатели качества, отраженные на древовидной диаграмме показателей качества (рис. 2.3).

Сбор и предварительная обработка данных позволили сделать заключение о том, что значения всех распределений показателей качества соответствуют нормальному закону распределения.

Расчет коэффициентов вкладов (1,2) и прироста (3) выявил, что для математического ожидания и дисперсии наибольшим коэффициентом прироста обладает показатель качества «Передача теней».

Расчет коэффициентов вкладов для показателей качества управляющих воздействий показал, что неравенство (4) не выполняется, соответственно вычисление коэффициента уровня возмущающих воздействий не требуется.

Для управляющих воздействий показателя качества «Передача теней» было применено робастное проектирование, результаты которого позволили выявить, что ключевым показателем качества для математического ожидания является «Кислотность увлажняющего раствора», а для дисперсии – «Температура».

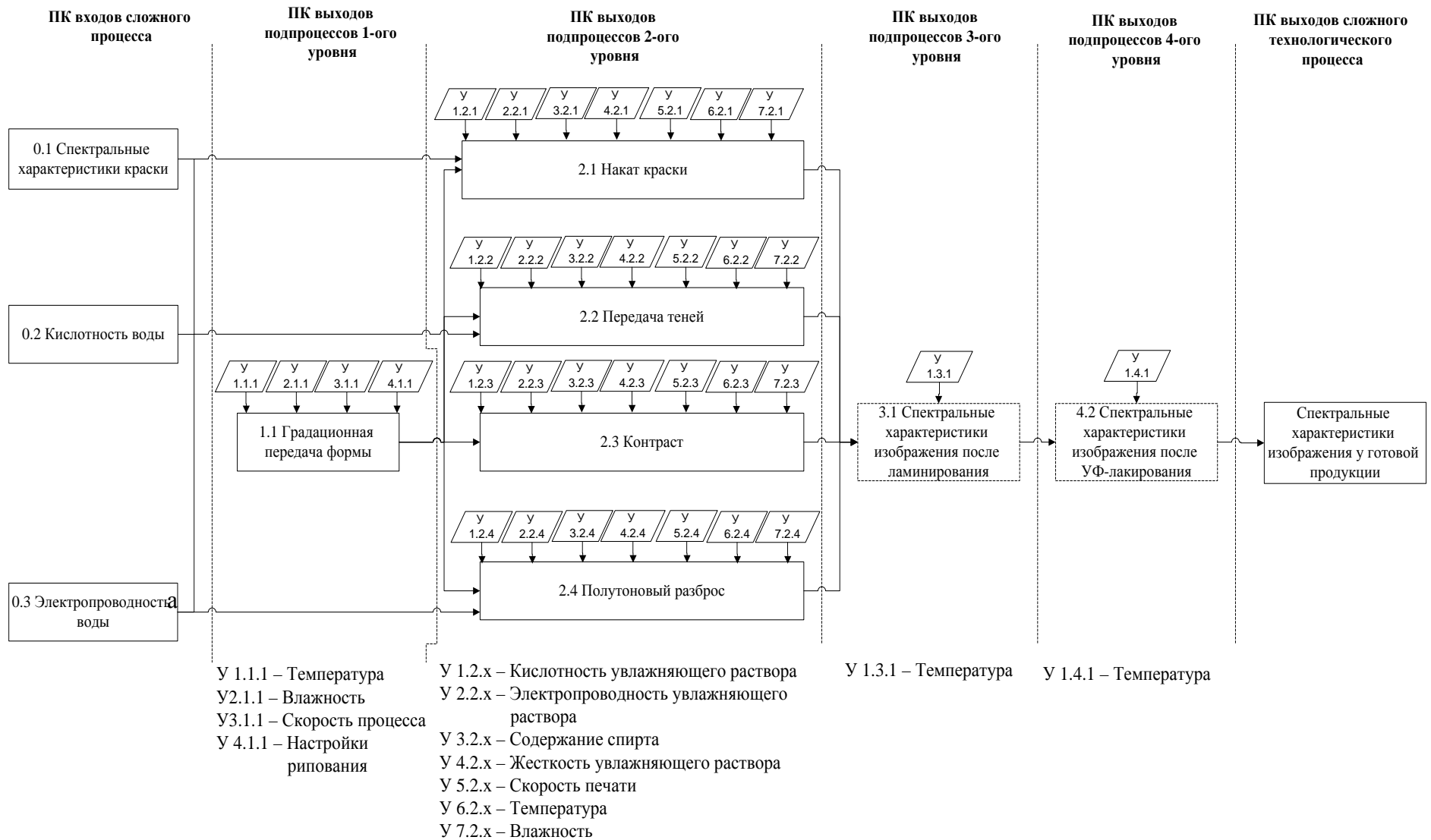


Рис. 2.3. Древоидная диаграмма показателей качества

## **2.2. Последовательности статистических методов управления технологическими процессами**

Статистический анализ точности и стабильности технологических процессов - установление статистическими методами значений показателей точности и стабильности технологического процесса и определение закономерностей его протекания во времени.

Статистический анализ рекомендуется применять в тех случаях, когда по ограниченному числу наблюдений необходимо решать следующие практические задачи:

- определить фактическое значение показателей точности и стабильности технологического процесса, оборудования или качества продукции;
- выявить степень влияния случайных и систематических факторов на точность и стабильность технологического процесса и качества продукции;
- обосновать технические нормы и допуски на продукцию;
- выявить резервы производственного и технологического процесса;
- обосновать выбор технологического оборудования и средств измерений для изготовления продукции;
- выявить возможность и обосновать целесообразность внедрения статистических методов в производственный процесс;
- оценить надежность технологических систем;
- обосновать необходимость реконструкции технологического процесса или ремонта технологического оборудования и других мероприятий по совершенствованию техпроцесса;
- при периодических проверках технологической точности оборудования и оснастки в процессе контроля соблюдения технологической дисциплины изготовления продукции основного производства;
- при проведении внутризаводской аттестации технологических процессов;
- при установлении нового технологического оборудования и приемке

оборудования после ремонта;

- при анализе и оценке показателей производственного процесса и качества продукции и т.д.

В условиях серийного, мелкосерийного и опытного производств статистический анализ в первую очередь рекомендуется внедрять для систематической оценки точности технологического оборудования и рационального размещения работ на этом оборудовании.

Статистический анализ включает в себя следующие этапы:

- планирование исследований, в частности, определение объемов выборок и метода их получения;

- формулирование математико-статистического описания создания модели процесса;

- оценку параметров модели процесса и выбор выборочных распределений для этой оценки;

- изучение согласия между теоретической моделью процесса и полученными наблюдениями;

- принятие мер в зависимости от результатов проведенного анализа.

Для статистического анализа могут применяться следующие методы:

- проверка статистических гипотез;

- оценка и доверительные границы параметров распределения случайных величин;

- многомерные статистические анализы.

- С помощью этих методов могут решаться такие задачи, как:

- сравнение средних значений;

- сравнение дисперсий;

- определение степени зависимости (оценка коэффициента корреляции);

- регрессионный анализ;

- дисперсионный анализ;

- нахождение оценок и доверительных границ для параметров различных распределений;
- анализ временных рядов и случайных последовательностей.

*Сравнение средних значений* рекомендуется применять при установлении соответствия показателей качества продукции и эталонного образца или при сравнении нескольких единиц продукции.

**Пример.** Электрические счетчики регулируются в процессе производства для синхронизации их работы с работой эталонного счетчика. Для этого отбирают выборку объемом 10 счетчиков и подвергают их контролю. Результаты контроля (средние значения) срачивают с эталонным счетчиком и по результатам этого сравнения оценивается вся партия счетчиков.

*Сравнение дисперсий* рекомендуется применять при оценке рассеивания показателей качества в зависимости от способа обработки или технологического оборудования, на котором изготовлена продукция или других факторов. Предполагается, что количество наблюдений над показателями качества по определенным причинам ограничено.

**Пример.** Рассеивание ударной вязкости металла в зависимости от четырех режимов термической обработки изучалось сравнением дисперсий, полученных по четырем выборкам образцов равного объема. Цель этого изучения - установить влияние режимов термической обработки на величину параметров рассеивания показателей ударной вязкости.

*Определение степени зависимости* (оценка коэффициента корреляции) рекомендуется применять при необходимости проверки гипотезы о степени зависимости показателя качества от определенных факторов, одного показателя качества от другого, или в других подобных случаях.

**Пример.** Требуется оценить степень зависимости (корреляционную связь) между толщиной слоя хромового покрытия и плотностью электролита. Для этого измерялись толщина слоя хромового покрытия и плотность электролита при его получении.

При выборке объемом десяти пар наблюдений (толщина хромового покрытия - плотность электролита) определялась степень зависимости (0,875). Близость степени зависимости к единице свидетельствует о сильной связи между толщиной хромового покрытия и плотностью электролита. При получении же зависимости, близкой к нулю, можно сделать вывод о наличии слабой связи или вообще о ее отсутствии. Следовательно, по результатам контроля плотности электролита можно управлять технологическим процессом хромирования для получения требуемой толщины покрытия.

*Регрессионный анализ* рекомендуется применять в тех случаях, когда требуется оценить показатель качества по результатам наблюдений над другими показателями. Предполагается, что из предшествующих опытов или по накопленному статистическому материалу известна соответствующая степень связи и вид регрессии (линейная, квадратичная или др.).

**Пример.** Режим термообработки изделия зависит от содержания в металле легирующих примесей. Степень зависимости между параметрами режима термообработки и содержанием легирующих примесей известна из ранее проведенных опытов. Предполагается линейная регрессия. Регрессионный анализ применяется также в тех случаях, когда по результатам наблюдений над показателями качества и другими показателями требуется оценить вид регрессии, т.е. зависимости (линейная, нелинейная).

**Пример.** Для изучения жесткости задней бабки токарного станка проводились измерения величины отжатия бабки в микронах и нагрузки, вызывающей это отжатие в килограммах. На основании результатов наблюдений оценивалась гипотеза о линейной жесткости от нагрузки.

Примечание. Большинство задач регрессионного анализа формализовано в виде стандарта программ на ЭВМ.

*Дисперсионный анализ* рекомендуется применять в тех случаях, когда надо оценить влияние на показатель качества тех или иных факторов.

**Пример.** На предприятии готовую продукцию упаковывают в мешки по 50 кг, каждый. Взвешивание и упаковка продукции производится шестью

машинами. Далее, через определенные промежутки времени от каждой машины берут контрольный мешок и взвешивают. Требуется по этим данным оценить влияние следующих трех групп факторов:

- неточность взвешивания метинами;
- изменения температуры, влажности, плотности и т.д. взвешиваемой продукции;
- неточность в наладке машин (систематические ошибки при взвешивании).

Нахождение оценок и доверительных границ для параметров различных распределений рекомендуется применять, когда необходимо в нормативно-техническую и техническую документацию включить требования к показателям качества и их нормативов, а также оценить точность технологического оборудования и т.д.

*Анализ временных рядов и случайных последовательностей* рекомендуется применять при необходимости оценки поведения показателя технологического процесса или качества продукции во времени.

**Пример 1.** При проектировании металлорежущих станков приходится решать вопрос о необходимости ставить или не ставить на этот станок подналадочное устройство. Для такого решения требуется знать, имеет ли место систематическое изменение настройки, или получающиеся отклонения от подналадочной установки случайны и не зависимы. Для анализа используются результаты наблюдения образцов опытной партии.

**Пример 2.** При оценке работы следящих систем приходится выделять полезный сигнал на фоне шумов. Обе задачи аналогичны и составляет предмет анализа временных рядов.

Для анализа случайных последовательностей характерен следующий пример. В эксплуатационных условиях наблюдались отказы установок для кондиционирования воздуха. По данным об интервалах времени между отказами надо было установить, снижается ли надежность установок по мере увеличения их наработки. Применение анализа временных рядов и

случайных последовательностей требует специалистов более высокой квалификации, чем для других методов.

Для решения производственных задач по управлению качеством продукции могут также применяться графо-аналитические методы. В эту группу могут быть включены такие методы, как построение ветвистой схемы характерных факторов и причинных связей - схема Исикава; построение кумулятивной кривой, т.е. графика накопления частот интервального ряда - диаграмма Парето, построение гистограммы, т.е. одноступенчатой кривой, отображающей интервальную частоту распределения показателя качества; построение контрольной карты или листка, графика разброса и т.д. Приведенные методы просты и могут быть использованы как самостоятельно, так и в сочетании с другими вышеизложенными методами.

Статистическое регулирование технологических процессов заключается в том, что в определенные моменты времени или через определенное количество изготовленных единиц продукции отбирается мгновенная выборка установленного объема и производится измерение контролируемого параметра.

По результатам измерений определяют статистическую характеристику контролируемого параметра, значение которой наносят на контрольную карту и, в зависимости от этого значения принимают решение о корректировке технологического процесса или о продолжении процесса без корректировки, т.е. на основании данных о состоянии технологического процесса в предшествующие моменты времени прогнозируется его состояние в последующие моменты времени.

Значение статистической характеристики контролируемого параметра качества продукции, при котором наступает разладка операции или процесса, должно определяться, исходя из выборочной характеристики.

Статистическое регулирование технологических процессов может осуществляться как по количественному, так и по альтернативному признаку.

При статистическом регулировании по количественному признаку используются следующие методы:

- средних арифметических  $\bar{x}$ ;
- медиан  $\tilde{x}$ ;
- средних квадратических отклонений  $S$  или дисперсий  $S^2$ ;
- размахов  $R$  или средних размахов  $\bar{r}$ ;

При статистическом регулировании по альтернативному признаку используются следующие методы:

- доли дефектных единиц продукции  $p$ ;
- числа дефектных, единиц продукции  $np$ ;
- числа дефектов  $C$ ;
- числа дефектов на единицу продукции  $c$ ;
- крайних значений;
- группировки;
- индивидуальных значений.

### **2.3. Разработка алгоритмов для анализа управления технологическими процессами**

На основании полученных в ходе проведенного исследования результатов, автором был предложен метод назначения и оптимизации параметров ККШ (рис. 2.4), включающий:

- методику определения параметров ККШ в зависимости от характеристик процесса, оценки результатов ее использования (параметров распределения результатов процесса, стандартного квадратичного отклонения  $\sigma$ , поля рассеяния, индекса возможностей процесса, частоты подналадок, вероятности появления брака); методику оценки экономической эффективности практического использования разработанного метода;

- инструмент для анализа процесса управления ККШ – программный комплекс САЕ – система «Control chart».

Блок-схема методики определения параметров ККШ в зависимости от характеристик процесса, оценки результатов ее использования представлена на рис. 2.5.

Методика оценки экономической эффективности практического использования разработанного метода основывается на методике оценки затрат на процесс. А именно на сопоставлении затрат на процесс, в котором ККШ не применяется с затратами на процесс при использовании контрольной карты, построенной согласно предлагаемого метода. Условие экономической целесообразности применения ККШ является следующим: превышение величины затрат на процесс, в котором не используется карты Шухарта над затратами на процесс, в котором они применяются

$$\Delta n \cdot t \cdot l + \frac{\Delta P \cdot c \cdot N}{100} + \Delta C_{\text{внеш.п.}} + \Delta C_{\text{п.}} > (n_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}} \cdot l_{\text{с}} + A) + (d \cdot p \cdot c + U), \quad (1)$$

где  $t$  – трудоемкость контроля одной единицы (детали), н-ч;  $\Delta n$  – изменение количества единиц подлежащих контролю в случае перехода на управление процессом при помощи ККШ, шт;  $l$  – часовая тарифная ставка контролера, р/час;  $\Delta P$  – изменение доли дефектных деталей в случае перехода на управление процессом при помощи ККШ (%);  $c$  – стоимость детали, р;  $N$  – общее количество произведенных деталей;  $\Delta C_{\text{внеш.п.}}$  – изменение суммы затрат на внешние потери в случае перехода на управление процессом при помощи ККШ, р;  $\Delta C_{\text{п.}}$  – изменение суммы затрат на контроль и переделку несоответствующей продукции в случае перехода на управление процессом при помощи ККШ, р;  $n_{\text{в}}$  – количество выборок, необходимых для ведения ККШ, ед;  $t_{\text{в}}$  – неперекрываемая трудоемкость осуществления контроля и обработки результатов контроля выборки, н-ч;  $l_{\text{с}}$  – часовая тарифная ставка специалиста, р/ч;  $A$  – стоимость бланков для ведения ККШ, р;  $d$  – период времени на который необходима остановка процесса, час;  $p$  – коэффициент производительности труда, ед/час;  $U$  – стоимость проведения корректировки процесса, р.



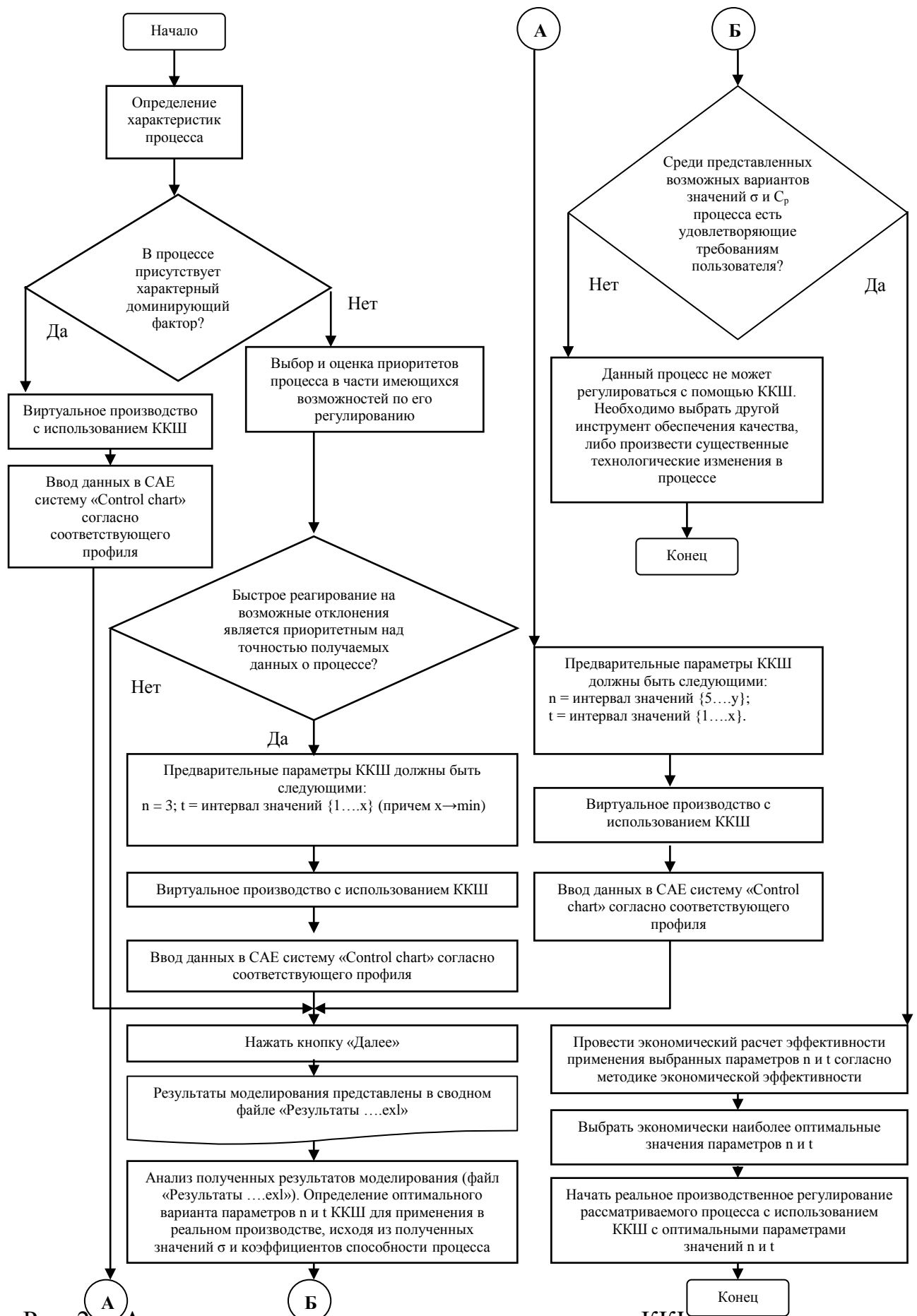


Рис. 2.9. Алгоритм методики определения параметров ККШ в зависимости от характеристик процесса и оценки результатов ее использования

## **Выводы по главе 2**

Вторая глава посвящена разработке методик статистического управления технологическими процессами, рассмотрены основные положения и теоретические основы статистического управления процессов.

Предложено выбрать объект для применения статистических методов управления качеством продукции в петле качества и внедрение, а также механизм реализации внедрения статистических методов управления качеством продукции.

Разработано алгоритм для анализа управления технологическими процессами

## Глава 3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

### 3.1. Планы и оперативные характеристики планов выборочного контроля

Основной характеристикой партии изделий при контроле по альтернативному признаку является генеральная доля дефектных изделий  $q$ :

$$q = M/N, \quad (3.1)$$

где  $M$  – число дефектных изделий в партии объемом  $N$ .

Как правило, в практике статистического контроля генеральная доля  $q$  неизвестна и ее следует оценивать по результатам контроля ряда случайных выборок объема  $n$  изделий, из которых  $m$  дефектных.

Под планом статистического контроля будем понимать систему правил, указывающих методы отбора изделий для проверки, и условия, при которых партию следует принять, забраковать или продолжить контроль. Различают следующие виды планов статистического контроля партии продукции по альтернативному признаку: одноступенчатые, двухступенчатые, многоступенчатые и последовательный контроль.

Одноступенчатые планы, согласно которым если среди  $n$  случайно отобранных изделий число дефектных  $m$  окажется не больше приемочного числа  $c$  ( $m \leq c$ ), то партия принимается; в противном случае партия бракуется.

Двухступенчатые планы, согласно которым, если среди  $n_1$  случайно отобранных изделий число дефектных  $m_1$  окажется не больше приемочного числа  $c_1$  ( $m \leq c_1$ ), то партия принимается; если  $m_1 \geq d_1$ , где  $d_1$  - браковочное число, то партия бракуется. Если же  $c_1 < m_1 < d_1$ , то принимается решение о взятии второй выборки объемом  $n_2$ . Тогда если суммарное число дефектных изделий в двух выборках  $(m_1 + m_2) \leq c_2$ , то партия принимается, в противном случае партия бракуется по данным двух выборок.

Многоступенчатые планы являются логическим продолжением двухступенчатых планов. Первоначально берется выборка объемом  $n_1$  и определяется число дефектных изделий  $m_1$ . Если  $m_1 \leq c_1$ , то партия

принимается. Если  $m_1 \geq d_1$  ( $d_1 > c_1 + 1$ ), то партия бракуется. Если же  $c_1 < m_1 < d_1$ , то принимается решение о взятии второй выборки объемом  $n_2$ . Пусть среди  $n_1 + n_2$  изделий имеется  $m_2$  дефектных. Тогда если  $m_2 \leq c_2$ , где  $c_2$  – второе приемочное число, то партия принимается; если  $m_2 \geq d_2$  ( $d_2 > c_2 + 1$ ), то партия бракуется. При  $c_2 < m_2 < d_2$  принимается решение о взятии третьей выборки. В дальнейшем контроль проводится по аналогичной схеме, за исключением последнего  $k$  – го шага, при котором если  $m_k \leq c_k$ , то партия принимается, если же  $m_k > c_k$ , то партия бракуется. При этом обычно принимается, что объем выборок одинаков.

Последовательные планы, при которых решение о контролируемой пар заранее не установлено и определяется в процессе контроля по результатам предыдущих выборок.

Одноступенчатые планы наиболее просты при организации контроля на производстве. Двухступенчатые, многоступенчатые и последовательные планы контроля обеспечивают при том же объеме выборки большую точность принимаемых решений, но они более сложны в организации контроля и требуют значительных вычислений.

Задача статистического выборочного контроля фактически сводится к статистической проверке гипотезы о том, что доля дефектных изделий  $q$  в партии равна допустимой величине  $q_0$ . Задача правильного выбора плана статистического контроля состоит в том, чтобы сделать ошибки первого рода (риск поставщика) и второго рода (риск потребителя) маловероятными.

Основным вероятностным показателем плана статистического контроля является оперативная характеристика.

Оперативной характеристикой плана контроля называется функция  $P(q)$ , равная вероятности принять партию продукции с долей дефектных изделий  $q$ .

Очевидно, что для каждого плана будет своя оперативная характеристика.

В случае сплошного контроля продукции, при котором дефект не может быть пропущен, оперативная характеристика будет идеальной (рис. 3.1). Она соответствует следующей функции:

$$P(q) = \begin{cases} 1 & \text{при } q_0 \geq q \geq 0 \\ 0 & \text{при } 1 \geq q > q_0 \end{cases} .$$

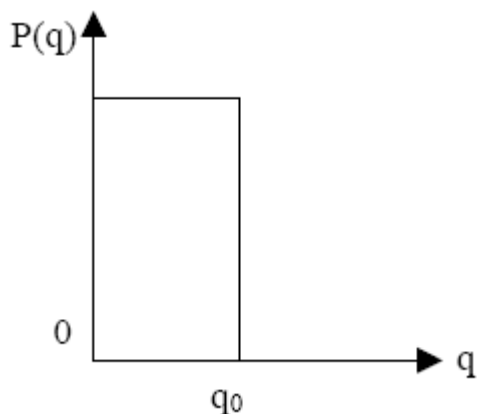


Рис. 3.1. Идеальная оперативная характеристика

Для планов выборочного контроля оперативная характеристика, приведенная на рис. 3.2, имеет вид плавной кривой.

Для **примера** построим оперативную характеристику плана приемочного контроля  $P(q)$  (рис. 3.3) для разных долей дефектных изделий  $q$  (табл. 3.1) при объеме партии  $N=1200$ ; объеме выборки  $n = 100$ ; приемочном числе  $c = 3$ .

Таблица 3.1

q, %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L(q)	1,0	0,98	0,86	0,65	0,43	0,25	0,15	0,08	0,04	0,02	0,01

Расчет вероятности приемки партии  $P(q)$  проведем по формуле (3.2), используя гипергеометрический закон распределения числа дефектных изделий:

$$P(q) = \frac{C_{1200} \cdot C_{1200-q-1200}}{C_N}, \quad (3.2)$$

где  $C_N$  – число сочетаний из  $N$  элементов по  $n$ .

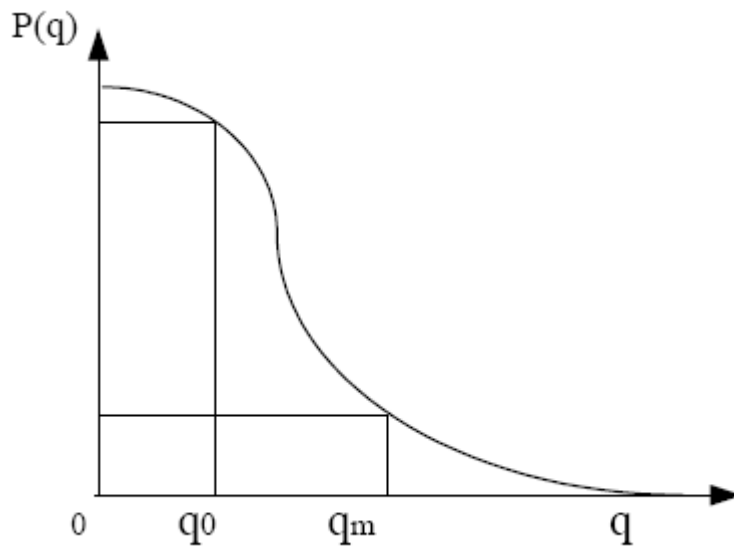


Рис. 3.2. Оперативная характеристика плана выборочного контроля

На рис. 3.3 показаны:  $\alpha$  – риск поставщика,  $\beta$  – риск потребителя, AQL – приемочный уровень дефектности, LQ – браковочный уровень дефектности.

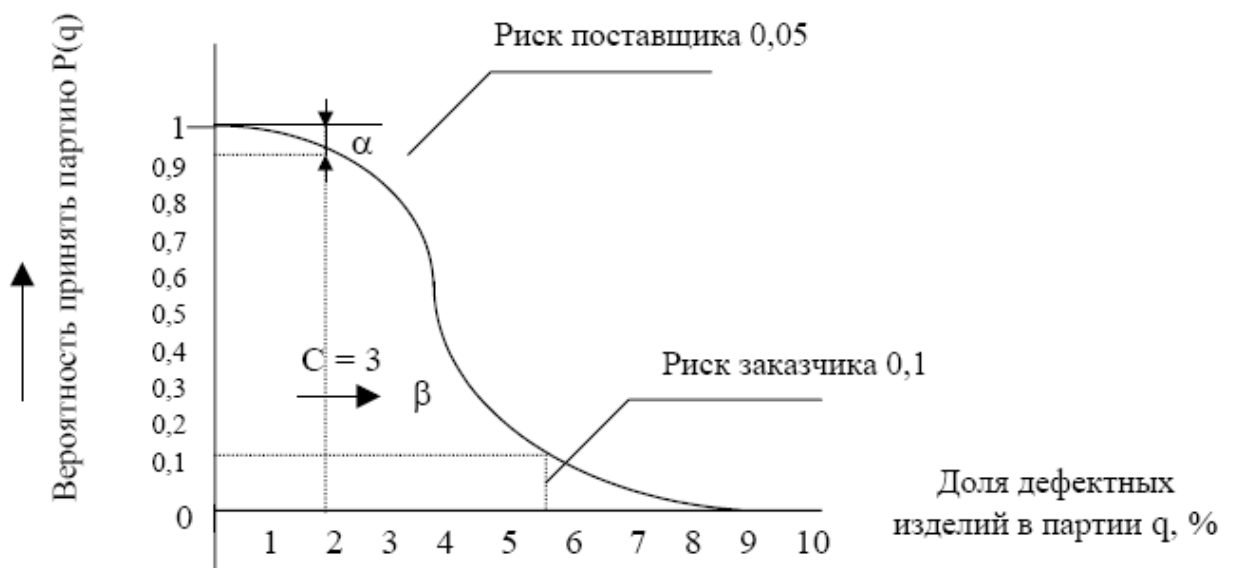


Рис. 3.3. Оперативная характеристика:  $\alpha$  – риск поставщика,  $\beta$  – риск заказчика,  $C$  – приемочное число

Для разных планов контроля кривые функции  $P(q)$  будут иметь разный вид. Для примера приведем в табл.3.2 вероятности принятия партии  $P(q)$ , варьируя значениями параметров  $(n, c, q)$ , а на рис. 3.4 отразим оперативные характеристики  $P(q)$  нескольких планов. Из графика видно, что планы с  $c=0$

даже при малых значениях дефектности партии  $p$  гарантируют небольшую вероятность приемки партии, то есть эти планы очень жесткие.

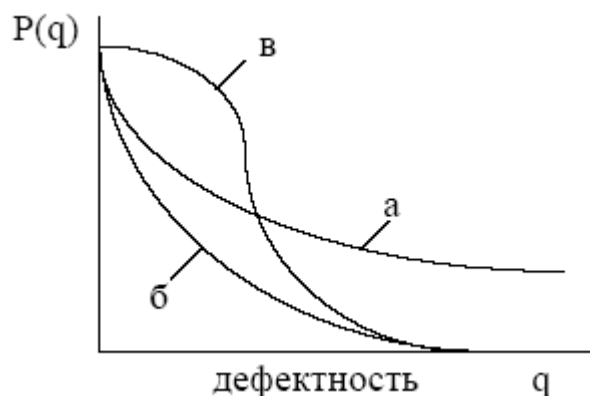


Рис. 3.4. Оперативные характеристики: а – план (5,0), б – план (20,0), в – план (20,2)

Таблица 3.2

Вероятность приемки партии  $P(q)$

План (n, с)	Уровень дефектности, q			
	0,05	0,1	0,3	0,5
(5,0)	0,77	0,59	0,17	0,03
(5,1)	0,98	0,92	0,53	0,19
(10,0)	0,60	0,34	0,03	0,001
(10,2)	0,99	0,93	0,38	0,05
(20,0)	0,36	0,12	0	0
(20,2)	0,92	0,68	0,04	0

### 3.2. Принципы применения стандарта на статистический приемочный контроль по альтернативному признаку

Рассмотрим порядок применения стандарта ГОСТ 18242 – 72 «Качество продукции. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Одноступенчатые и двухступенчатые корректируемые планы контроля».

Этот стандарт имеет своим аналогом международный стандарт ISO 2859. Указанный стандарт может применяться для контроля всех видов продукции

производственно-технического назначения и товаров народного потребления штучной продукции, поступающих на контроль в виде единичных партий или последовательности работ.

Для выбора плана выборочного контроля необходимо установить следующие показатели:

- объем партии,
- виды дефектов,
- уровень контроля,
- приемочный уровень дефектности AQL,
- тип плана выборочного контроля,
- вид контроля.

Кратко рассмотрим приведенные выше показатели.

**Объем контролируемой партии** должен, как правило, указываться в нормативно-технической документации на продукцию как одним числом, так и предельными значениями или в виде одиночных партий или последовательности партий.

**Виды дефектов.** Ранее отмечалось, что статистический приемочный контроль может осуществляться с разделением дефектов на критические, значительные и малозначительные.

Параметры или свойства единиц продукции, нарушение которых приводит к критическим дефектам (например, авиационная продукция), следует подвергать сплошному контролю или испытаниям. В случаях, где единственно возможным методом контроля критических дефектов является разрушающий контроль (например, цельносварные изделия ракетной техники), можно проводить выборочный контроль. В этом случае приемочное число  $A_c = 0$ , а браковочное число  $R_c = 1$ .

Объем выборки определяется по формуле  $n = k/p$ , где  $k$  – коэффициент, зависящий от риска появления одной дефектной единицы продукции в выборке;  $p$  – максимально допустимый процент дефектных единиц продукции в партии.

Значения коэффициентов k приведены в табл.3.3.

Таблица 3.3

Риск появления одной дефектной единицы продукции в выборке	Коэффициент k
1 в10	230,26
1 в100	460,52
1 в1000	690,78
1 в10000	921,04
1 в100000	1151,30

Рассмотрим **пример**. На контроль предъявлена партия в 10 000 единиц продукции. Контроль разрушающий. Максимально допустимый процент единиц продукции с критическим дефектом  $p$  составляет 2%. Риск появления дефектных единиц продукции – одна дефектная единица в партии. Требуется определить план выборочного контроля.

Объем выборки определяем по формуле  $n = k/p = k/2$ .

Пользуясь данными табл. 3.3, находим  $k = 921,04$ . Тогда  $n = 460,52$ . Округляя, получим  $n = 461$ .

Таким образом, план выборочного приемочного контроля имеет следующие параметры:  $n = 461$ ;  $A_c = 0$ ;  $R_c = 1$  или  $(461; 0; 1)$ . Очевидно, что если в выборке из  $n=461$  не обнаружится ни одной дефектной единицы продукции, то партия принимается. Если будет обнаружена хотя бы одна дефектная единица, то партия бракуется.

Продукция со значительными и малозначительными дефектами может проверяться сплошным или выборочным контролем. При выборочном контроле каждой группе дефектов должен быть назначен свой приемочный уровень дефектности в соответствии с табл. 3.4.

Таблица 3.4

Класс дефекта	Приемочный уровень дефектности, %
Значительный	0,4
Малозначительный	1,5

В этом случае имеются два плана выборочного контроля, соответствующие этим приемочным уровням дефектности. Если партия не удовлетворяет хотя бы одному плану или обоим вместе, она будет забракована.

**Уровень контроля.** Стандарт ГОСТ 18242 – 72 содержит семь уровней контроля: I, II, III (общие); S-1; S –2; S –3; S–4 (специальные). Основным для применения является уровень контроля II.

Специальные уровни контроля используются тогда, когда объем выборки невелик. Уровень контроля устанавливается соответственно нормативно-технической документации на конкретный вид продукции.

**Приемочный уровень дефектности AQL** является основным пунктом стандарта. Предполагается, что между поставщиком и потребителем имеется договоренность, согласно которой потребитель рассматривает AQL как соответствующий его требованиям, а поставщик должен предъявлять на контроль партии продукции с фактическим уровнем дефектности не больше приемочного.

В таблицах стандарта приведены AQL от 0,1 до 10% для доли дефектности от 10 до 1000 дефектов для числа дефектов на 100 единиц продукции.

**Типы планов выборочного контроля.** В стандарте содержатся следующие типы планов выборочного контроля: одноступенчатые, двухступенчатые, многоступенчатые и последовательные. На рис. 3.5 приведена схема двухступенчатого плана контроля.

В случае контроля одиночных партий продукции выбор плана контроля целесообразно осуществлять на основе анализа оперативной характеристики с учетом браковочного уровня дефектности.

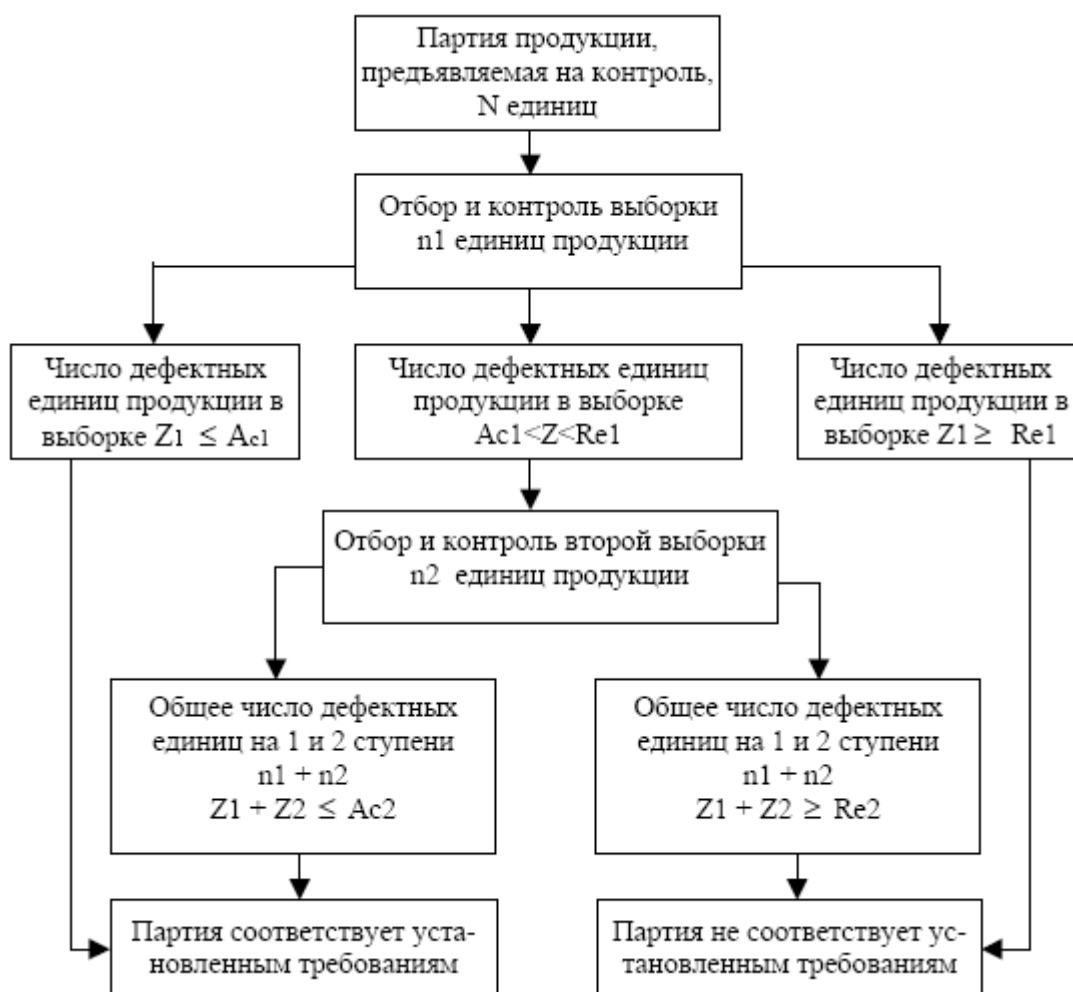


Рис. 3.5. Схема двухступенчатого плана выборочного контроля

### Выводы по главе 3

В 3 главе приведены планы и оперативные характеристики планов выборочного контроля и рассмотрены основные характеристики партии изделий при контроле по альтернативному признаку является генеральная доля дефектных изделий.

Рассмотрены статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Одноступенчатые и двухступенчатые корректируемые планы контроля.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Разработана методика статистического управления сложными технологическими процессами, основанная на декомпозиции и последующем использовании корреляции между показателями качества отдельных подпроцессов и показателями качества выходов сложного технологического процесса.

2. Показано, что разработанная методика направлена на улучшение показателей качества технологического процесса в рамках системы менеджмента качества и обеспечивает существенное повышение конкурентоспособности организации.

3. Предложена модель статистического управления сложными технологическими процессами, позволяющая выбрать ключевые показатели качества и организовать управление на основе проведения декомпозиции и системного анализа факторов, включая управляющие воздействия, показатели качества подпроцессов и взаимодействия между ними.

4. Разработан подход к оценке результативности действий, проводимых в рамках применения методики статистического управления сложными технологическими процессами на основе изменения ключевых показателей качества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каримов И.А. Ўзбекистон XXI-аср бўсағасида. Тошкент, 1998
2. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством: Учебное пособие./ В.В.Ефимов-Ульяновск: УлГТУ, 2003. - 134 с.
3. Пономарев С.В., Мищенко С.В., Герасимов Б.И., Трофимов А.В. Квалиметрия и управление качеством. Инструменты управления качеством: Учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 80 с.
4. Богатырев А.А., Филиппов Ю.Д. Стандартизация статистических методов управления качеством. - М.: Изд-во стандартов, 1989. - 121 с.
5. Статистические методы обеспечения качества / Х.-Й. Миттаг, Х.Ринне. -М.: Машиностроение, 1995. - 615 с.
6. Статистические методы повышения качества / Под ред. Х.Кумэ. - М.: «Финансы и статистика», 1990. - 258 с.
7. Фомин В. Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация: Курс лекций. - М.: Ассоциация авторов и издателей «ТАНДЕМ». Изд-во «ЭКМОС», 2000. - 320 с.
8. Шикин Е.В., Чхатаршвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. - М.: «Экономика и статистика», 2000. - 448 с.
9. Ивахненко А.М. Моделирование контроля качества технологических процессов и промышленной продукции. Монография / А.М. Ивахненко, А.Ч.Ахохов // М.: Техполиграфцентр». 2008. -146 с.
10. Непомилуев, В. В. Контрольный карты Шухарта как инструмент управления негауссовыми процессами [Текст] / В. В. Непомилуев, И. В. Дюпин // Методы менеджмента качества. – 2005. – №9. – С. 34-38.
11. Непомилуев, В. В. Control Chart» - САЕ система исследования процесса управления качеством контрольными картами Шухарта [Текст] / В. В. Непомилуев, И. В. Дюпин // Известия Тульского государственного университета. Серия Экономика. Управление. Стандартизация. Качество. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – С. 87-91.

12. Дюпин, И. В. Контрольные карты Шухарта как инструмент обеспечения качества продукции, оказания услуг при управлении негауссовыми процессами организации [Текст] / И. В. Дюпин // Управление организацией: диагностика, стратегия эффективность: труды XIII международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. Ун-та, 2005. – С. 46-50.

13. Дюпин, И. В. Управление негауссовыми процессами с помощью контрольных карт Шухарта [Текст] / И. В. Дюпин // Обеспечение и повышение качества машин на этапах их жизненного цикла: материалы 5-й международной. науч.-техн. конф. – Брянск: БГТУ, 2005. – С. 275-276.

14. Пашков П.И. Использование статистической устойчивости в методике управления сложными процессами. XXXII Гагаринские чтения. Сборник научных трудов в 8 томах. Том 6. ГОУ ВПО «МАТИ» - Российский Государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского. – М.: МАТИ, 2006. – с. 127-128.

15. Пашков П.И. Инструменты повышения эффективности статистического управления процессами. Сборник материалов V международного аэрокосмического прогресса IАС'06г. Москва, 2006. – с. 174.

16. Пашков П.И. Установление показателя для оценки произведенного улучшения сложного процесса. Сборник материалов Седьмой Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством», 12-13 марта, ГОУ ВПО «МАТИ» - Российский Государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского. – М.: МАТИ, 2008. – с. 157-158.

17. Пашков П.И. Модели, описывающие корреляцию между подпроцессами при управлении сложными процессами. XXXIV Гагаринские чтения. Сборник научных трудов в 8 томах. Том 6. ГОУ ВПО «МАТИ» - Российский Государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского. – М.: МАТИ, 2008. – с. 141-142.

18. Р 50-601-19-91. Рекомендации. Применение статистических методов регулирования технологических процессов. - М.: Изд-во стандартов, 1992.

19. РД 50-605-86. Методические указания по применению стандартов на статистический приемочный контроль. - М.: Изд-во стандартов, 1986.

20. ГОСТ 18242 -72. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Планы контроля.

21. .ГОСТ 20736 -75. Статистический приемочный контроль по количественному признаку. Планы контроля.

22. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com) общие понятие и положение статистического контроля

23. [www.indow.edu.ru](http://www.indow.edu.ru) методы и средства контроль качества

24. [www.standart.uz](http://www.standart.uz) нормативные документы по статистики

# **ПРИЛОЖЕНИЕ**