

Статистическое управление



Sorochkina O.Y

*Лекция Введение.
Методы и средства
статистического
управления.*

Донской государственный
технический университет

Кафедра «Управление
качеством»

21.01.2020

ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СТАТИСТИКИ КАК ИНСТРУМЕНТА ДИАГНОСТИКИ

Место курса среди других дисциплин. Терминология основных понятий. Периодизация основных этапов развития статистики. Статистическая информация и ее распространение. Статистическое наблюдение. Философия статистического управления. Виды статистических методов.

Содержание

Введение	1
1. Понятие о статистических методах качества	2
2. История развития статистических методов качества	5
3. Применение и освоение статистических методов	8
Список литературы	11
Контрольные вопросы	13

Введение

Одним из важнейших положений всеобщего менеджмента качества (TQM) является принятие решений на основе фактов. Совершенствование качества продукции и процессов требует скрупулезной работы персонала предприятия по выявлению причин дефектов (отклонений от документации) и их устранению. Для этого необходимо организовать поиск фактов, характеризующих несоответствия, в подавляющем большинстве которыми являются статистические данные, разработать методы анализа и обработки данных, выявить коренные причины дефектов и разработать мероприятия по их устранению с наименьшими затратами.

Проблемами сбора, обработки и анализа результатов производственной деятельности занимается математическая статистика, которая включает в себя большое количество не только известных методов, но и современных инструментов (как модно в последние годы называть методы) анализа и выявления дефектов. К таким методам можно отнести корреляционный и регрессионный анализы, проверку статистических гипотез, факторный анализ, анализ временных рядов, анализ безотказности и т. д.

Большое распространение в управлении качеством (под влиянием японских специалистов) получили семь простых методов, применение которых не требует

высокой квалификации персонала и позволяет охватить анализ причины большинства возникающих на производстве дефектов. В настоящем пособии эти методы включены в различные разделы, исходя из целесообразности их применения.

Большое внимание уделяется практическому приложению математической статистики для решения конкретных производственных задач, особенно при анализе качества процессов.

Следует отметить, что с развитием научных систем управления качеством роль статистических методов в управлении качеством непрерывно возрастает. Именно широкое применение в производстве продукции статистических методов на первых этапах борьбы за качество (50-е годы) позволило японским предприятиям очень быстро выйти в лидеры мировой экономики.

Конкурентоспособность российских предприятий будет так же во многом зависеть от масштаба обучения персонала методам статистического управления качеством и их систематического применения на практике.

1. Понятие о статистических методах качества

Понятие "управление качеством" как наука возникло в конце 19-го столетия, с переходом промышленного производства на принципы разделения труда. Принцип разделения труда потребовал решения проблемы взаимозаменяемости и точности производства. До этого при ремесленном способе производстве продукции обеспечение точности готового продукта производилось по образцам или методами подгонки сопрягаемых деталей и узлов. Учитывая значительные вариации параметров процесса, становилось ясно, что нужен критерий качества производства продукции, позволяющий ограничить отклонения размеров при массовом изготовлении деталей.

В качестве такого критерия Фредерик Тейлором были предложены интервалы, устанавливающие пределы отклонений параметров в виде нижних и верхних границ. Поле значений такого интервала стали называть допуском.

Установление допуска привело к противостоянию интересов конструкторов и производителей: одним ужесточение допуска обеспечивало повышение качества соединения элементов конструкции, другим – создавало сложности с созданием технологической системы, обеспечивающей требуемые значения вариаций процесса. Очевидно также, что при наличии разрешенных границ допуска у изготовителей не было мотивации "держат" показатели (параметры) изделия как можно ближе к номинальному значению параметра, это приводило к выходу значений параметра за пределы допуска.

В тоже время (начало 20-х годов прошлого столетия) некоторых специалистов в промышленности заинтересовало, можно ли предсказать выход параметра за пределы допуска. И они стали уделять основное внимание не самому факту брака продукции, а поведению технологического процесса, в результате которого возникает этот брак или отклонение параметра от установленного допуска. В результате исследования вариабельности технологических процессов появились

статистические методы управления процессами. Родоначальником этих методов был Уолтер (Вальтер) Эндрю Шухарт.

Одновременно с этим большое внимание уделялось разработке теории выборочного контроля продукции. Первые работы в этой области появились в конце 20-х годов в США, автором их был Горас Додж, ставший впоследствии известным американским ученым.

С момента зарождения статистических методов контроля качества специалисты понимали, что качество продукции формируется в результате сложных процессов, на результативность которых оказывают влияние множество материальных факторов и ошибки работников. Поэтому для обеспечения требуемого уровня качества нужно уметь управлять всеми влияющими факторами, определять возможные варианты реализации качества, научиться его прогнозировать и оценивать потребность объектов того или иного качества.

В послевоенное время и в США, и в Европе появились национальные стандарты по качеству. Центральная роль в разработке нормативных документов в области качества принадлежит Международной организации по стандартизации (ISO). Начиная с 90-х годов, идеи теории вариаций, статистического управления процессами (SPC) овладели не только специалистами-математиками, но и стали неотъемлемыми инструментами менеджеров и работников служб качества.

Большой толчок дальнейшему развитию принципов управления качеством дал японский ученый Г. Тагути. Он предложил учитывать вариации свойств продукции на разных этапах ее разработки, что для менеджмента качества явилось революционной идеей. По Тагути нужно было установить те сочетания параметров изделий и процессов, которые приводили к минимуму вариаций процессов. Эти процессы, которые стали называть **робастными**, были устойчивы к вариациям входных параметров процессов.

Используемые в сегодняшней практике предприятий статистические методы можно подразделить на следующие категории:

- **методы высокого уровня сложности**, которые используются разработчиками систем управления предприятием или процессами. К ним относятся методы кластерного анализа, адаптивные робастные статистики и др.;
- **методы специальные**, которые используются при разработке операций технического контроля, планировании промышленных экспериментов, расчетах на точность и надежность и т.д.;
- **методы общего назначения**, в разработку которых большой вклад внесли японские специалисты. К ним относятся "Семь простых методов" (или "Семь инструментов качества"), включающие в себя контрольные листки; метод расслоения; графики; диаграммы Парето; диаграммы Исикавы; гистограммы; контрольные карты.

В настоящее время по статистическим методам имеется обширная литература и пакеты прикладных компьютерных программ, по разработке которых отечественные научные школы по теории вероятностей занимают ведущее место в мире.

21 января 2020 г.

Из существующих статистических методов наиболее распространенными являются:

- 1) описательная статистика;
- 2) планирование экспериментов;
- 3) проверка гипотез;
- 4) регрессионный анализ;
- 5) корреляционный анализ;
- 6) выборочный контроль;
- 7) факторный анализ;
- 8) анализ временных рядов;
- 9) статистическое установление допуска;
- 10) анализ точности измерений;
- 11) статистический контроль процессов;
- 12) статистическое регулирование процессов;
- 13) анализ безотказности;
- 14) анализ причин несоответствий;
- 15) анализ возможностей процесса (гистограммы).

В таблице 1 приведены сферы использования статистических методов. Наименования граф соответствует номеру статистического метода из вышеперечисленных.

Таблица 1 Статистические методы, используемые при контроле качества

	описательная статистика	планирование экспериментов	проверка гипотез	регрессионный анализ	корреляционный анализ	выборочный контроль	факторный анализ	анализ временных рядов	статистическое установление допуска	анализ точности измерений	статистический контроль процессов	статистическое регулирование процессов	анализ безотказности	анализ причин несоответствий	анализ возможностей процесса (гистограммы)
ответственность руководства	+	+	+	+											
анализ контракта	+	+	+	+											
проектирование	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
закупки	+	+	+	+											
идентификация продукции и прослеживаемость	+														
управление процессами	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
контроль и испытания	+	+	+												

Буквенная индексация строк соответствует следующим элементам системы качества по стандарту ISO 9001:

М – подготовка кадров.

Первое восприятие статистических методов качества в виде выборки имеет многовековую историю. Еще несколько столетий тому назад покупатели зерна и хлопка проверяли свойства товара, прокалывая мешки с зерном или хлопком, чтобы взять пробу. Можно допустить, что в те времена не было научного расчета взятия проб, и следует предположить, что это было делом опыта, как продавцов, так и покупателей товара.

~ 5 ~

Применение статистических методов контроля качества труда произошло еще позже – в первой четверти 20-го века. Именно внедрение статистических методов позволило значительно сократить трудоемкость операций контроля и значительно снизить численность инспекторов (контролеров). Первое применение научных методов статистического контроля было зафиксировано в 1924 году, когда В.Шухарт использовал для определения доли брака продукции контрольные карты.

Вальтер Э. Шухарт с 1918 года работал инженером фирмы "WesternElectric" (США). В 1925 году она была преобразована в фирму "BellTelephoneLaboratories". Шухарт проработал в ней до 1956 года (до выхода на пенсию). Основные его разработки в области статистического контроля внедрялись в первую очередь на этой фирме. В.Шухарт переключил внимание с допускового подхода к управлению качеством на подход, направленный на обеспечение стабильности процессов и уменьшение их вариаций. Его идеи до настоящего времени сохраняют актуальность. Кроме того, Шухарт высказал идею непрерывного улучшения качества, предложив цикл непрерывного улучшения процессов, носящий сегодня название "Цикла Шухарта – Деминга". В последние годы этот цикл получил дальнейшее развитие под воздействием Деминга и стал использоваться как инструмент командной работы по улучшению качества.

Одновременно с Шухартом, в той же фирме в середине 20-х годов инженером Г.Ф.Доджем была предложена теория приемочного контроля, получившая вскоре мировую известность. Основы этой теории были изложены в 1944 году в его совместной с Х.Г.Роллингом работе "Sampling Inspection Tables– Singleand Double Sampling" ("При выборочном контроле столы– одностепенные и двухместные выборки").

Большой вклад в систему обеспечения качества контроля в середине 20-го века внесли американские ученые Д.Нойман, Э.Пирсон, Е.Фишер. Среди их разработок наибольшую известность получила теория проверки статистических гипотез. Можно отметить, что сегодня без знания теории ошибок первого и второго рода невозможна рациональная оценка выбранного метода статистического контроля.

Во время второй мировой войны нехватка ресурсов заставила искать новые методы контроля с возможно малым числом проверяемых изделий, особенно при разрушающем контроле. В 40-х годах 20-го столетия А.Вальд (США) разработал теорию последовательного анализа и статистическую теорию принятия решений. Применение теории последовательного анализа было настолько эффективно (расходы на контроль при прежней вероятности ошибок снижаются до 60% по сравнению с традиционными методами), что в США она была объявлена секретным документом и опубликована только после окончания войны.

Большое влияние на становление статистических методов контроля, как философии качества, оказал Эдвард Деминг (США). В начале 50-х годов Деминг проводил широкомасштабное обучение японских специалистов новым методам обеспечения качества, особое внимание при этом обращая на статистические методы управления качеством. Его деятельность была настолько успешной, что

уже в 60-х годах американцам пришлось уступить японским фирмам значительную часть рынков сбыта, в том числе и в самих США.

Американское научное влияние на совершенствование систем обеспечения качества привело к созданию японской научной школы в области качества, среди представителей которых следует, прежде всего, отметить К.Исикаву и Г. Тагути, внесших большой вклад в развитие статистических методов в управлении качеством. Так Каору Исикава впервые в мировой практике предложил оригинальный графический метод анализа причинно-следственных связей, получивший название "диаграммы Исикава". Сегодня практически невозможно найти такую область деятельности по решению проблем качества, где бы ни применялась диаграмма Исикавы.

Генити Тагути – известный во второй половине 20-го века японский специалист в области статистики. Он развивает идеи математической статистики, относящиеся, в частности, к статистическим методам планирования эксперимента и контроля качества. Тагути впервые соединил математической зависимостью экономические затраты и качество, введя понятие функции потерь качества. Он первым показал, что потери качества имеют место и в поле допуска – они появляются с момента несовпадения номинального, заданного технической документацией, значения параметра и значения исследуемой случайной величины. Заслуга Тагути также в том, что он сумел найти сравнительно простые аргументы и приемы, которые сделали робастное планирование эксперимента в области обеспечения качества реальностью. На наш взгляд, невнимание к методам Тагути – одна из причин серьезного отставания российских предприятий в области совершенствования качества процессов и продукции.

Внесли свой научный вклад в развитие статистических методов и советские ученые: В.И. Романовский, Е.Е.Слуцкий, Н.В.Смирнов, Ю.В.Линник и др. Так, например, Смирнов заложил основы теории непараметрических рядов, а Слуцкий опубликовал несколько важных работ по статистике связанных стационарных рядов. Особенно интенсивно в СССР разрабатывались статистические методы исследования и контроля качества в массовом производстве, методы планирования эксперимента (Ю.П.Адлер и др.).

В 50-70-х годах прошлого столетия на ряде предприятий оборонного комплекса СССР активно проводились (под влиянием японского опыта по повышению качества) работы по внедрению систем управления качеством (в Саратове – БИП, в Горьком – КАНАРСПИ, в Ярославле – НОРМ, во Львове – КСУКП и др.), в которых статистические методы в области приемочного контроля и регулирования технологических процессов занимали важное место в предупреждении дефектов продукции.

В последние годы можно отметить работы российского ученого в области качества В.А.Лapidуса. Им опубликован ряд трудов по теории и практике управления качеством с учетом вариаций и неопределенности, в которых изложен "принцип распределения приоритетов", позволяющий оптимально выстроить отношения поставщика и потребителя с позиции обеспечения качества. Ему же принадлежит новый подход к управлению качеством, названный "гибким методом

статистического управления", который математически опирается на теорию нечетких множеств.

И все же можно отметить определенный застой российской научной школы математической статистики, связанный, вероятно, с отсутствием спроса экономики на научный заказ по применению новых статистических методов обеспечения качества продукции.

3. Применение и освоение статистических методов

Таблица 2 Применение статистических методов на этапах жизненного цикла продукции

Этапы жизненного цикла продукции	Задачи, решаемые в системе качества	Статистические методы
Маркетинг и изучение рынка	Изучение и оценка рыночного спроса и перспектива его изменений	Методы анализа статистических совокупностей, экономико-математические (динамическое программирование, имитационное моделирование и др.)
Анализ пожеланий потребителей в отношении качества и цены продукции	Экономико-математические методы (QFD) и др.	
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 и др.)	
Проектирование и разработка продукции	Нормирование требований к качеству продукции. Определение технических требований в области надежности. Оптимизация значений показателя качества продукции. Оценка технического уровня продукции	Графические методы (схема Исикавы, диаграмма Парето, гистограмма и др.): методы анализа статистических совокупностей; экономико-математические методы (методы Тагути, QFD)
Испытания опытных образцов или опытных партий новой (модернизированной) продукции	Графо-аналитические методы (гистограмма, расслоенная гистограмма и др.), методы анализа статистических совокупностей (методы проверки статистических гипотез, сравнение средних, сравнение дисперсий и др.): экономико-математические методы (планирование эксперимента)	
Обеспечение безопасности продукции	Экономико-математические методы (имитационное моделирование,	

21 января 2020 г.

Этапы жизненного цикла продукции	Задачи, решаемые в системе качества	Статистические методы
	метод деревьев вероятности и др.)	
Закупки	Формирование планов обеспечения предприятий материально-техническими ресурсами требуемого качества	Экономико-математические методы (теория массового обслуживания, линейное программирование и др.)
Оценка возможностей поставщиков	Экономико-математические методы (системный анализ, динамическое программирование и др.)	
Своевременное обеспечение поставок материально-технических ресурсов	Экономико-математические методы (теория массового обслуживания)	
Снижение затрат на материально-техническое обеспечение качества продукции	Экономико-математические методы (методы Тагути, функционально-стоимостной анализ и др.)	
Производство	Разработка технологических процессов	Экономико-математические методы (методы Тагути); графики разброса и др.); методы анализа статистических совокупностей (дисперсионный, регрессионный и корреляционный виды анализа и др.)
Обеспечение точности и стабильности технологических процессов	Методы статистической оценки точности и стабильности технологических процессов (гистограммы, точностные диаграммы, контрольные карты)	
Обеспечение стабильности качества продукции при производстве	Методы статистического регулирования технологических процессов (точностные диаграммы, контрольные карты)	
Контроль и испытания	Соблюдение метрологических правил и требований при подготовке, выполнении и обработке результатов испытаний	Графические методы (гистограмма, график разброса и др.); методы анализа статистических совокупностей (методы проверки статистических гипотез, сравнение средних, сравнение дисперсий и др.)
Выявление продукции, качество которой не соответствует установленным требованиям	Методы статистического приемочного контроля	
Анализ качества продукции	Графические методы (схема Исикавы, диаграмма Парето, расслоение диаграммы Парето и др.),	

21 января 2020 г.

Этапы жизненного цикла продукции	Задачи, решаемые в системе качества	Статистические методы
	экономико-математические методы (функционально-стоимостной анализ, QFD)	
Упаковка и хранение	Анализ соблюдения требований к упаковке и хранению продукции на предприятии	Методы статистического приемочного контроля; экономико-математические методы (теория массового обслуживания)
Реализация и распределение продукции	Обеспечение качества транспортировки продукции	Экономико-математические методы (линейное программирование, теория массового обслуживания)
Установка и ввод в эксплуатацию	Анализ качества продукции в процессе монтажа и ввода в эксплуатацию	Графические методы (график временного ряда и др.); методы анализа статистических совокупностей (факторный анализ и др.)
Анализ затрат потребителей при использовании продукции	Экономико-математические методы (методы Тагути, функционально-стоимостной анализ, QFD)	
Техническая помощь в обслуживании	Организация гарантийного ремонта продукции Организация своевременной поставки запасных частей	Экономико-математические методы (теория массового обслуживания, линейное программирование и др.)
Послепродажная деятельность	Анализ отказов и других несоответствий продукции	Графические методы (график временного ряда и др.); методы анализа статистических совокупностей (факторный анализ и др.)
Утилизация после использования	Изучение возможности использования продукции несоответствующего качества или по истечении срока службы	Экономико-математические методы (функционально-стоимостной анализ, QFD и др.)

Определение потребности и выбор конкретных статистических методов в системе качества являются достаточно сложной и длительной работой аналитического и организационного характера.

В связи с этим данную работу целесообразно вести на основе специальной программы, которая может содержать следующий комплекс организационных мероприятий (рис. 1). Начинать освоение статистических методов следует с применения простых и доступных и уже после этого переходить к более сложным методам. Учитывая трудности освоения статистических методов в производственной практике, эти методы целесообразно подразделять на два класса: простые и сложные методы.

При выборе статистических методов стремятся к тому, чтобы они соответствовали характеру производственного процесса, наличию средств измерений и обработки статистической информации. Поскольку для решения

определенной производственной проблемы можно выбрать несколько разных статистических методов, выбирается такой из них, который обеспечит достижение наилучшего результата при минимальных затратах.



Рисунок 1 - Программа освоения статистических методов

Для выполнения необходимых статистических расчетов используются различного рода технические средства, в том числе электронно-вычислительная техника. Сравнительно простые технические средства, например, статистические индикаторы, обеспечивают ввод данных со шкал контрольно-измерительных приборов, журналов и таблиц, а также вычисление статистических характеристик при непосредственном измерении. Применение ЭВМ дает возможность обрабатывать исходную информацию, следить за параметрами процесса, непрерывно экспериментировать, меняя переменные до тех пор, пока не установятся оптимальные режимы. При этом можно воспользоваться стандартными программами статистического управления качеством.

Список литературы

1. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством. Ульяновск: УлГТУ, 2003 – 134 с.
2. Статистические методы управления качеством //www.lenobl.ru, 2005.
3. Климанов В. Статистические методы управления качеством//victor61058.narod.ru, 2004.
4. Окрепилов В.В. Управление качеством. СПб.: Наука, 2000. - 911 с.
5. ГОСТ Р 50779.10-2000 Статистические методы. Вероятность т основы статистики. Термины и определения. – М:Стандартинформ, 2005
6. ГОСТ Р 50779.11-2000 Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения– М:Стандартинформ, 2005

21 января 2020 г.

7. ГОСТ Р ИСО/ТО 10017-2005 Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001– М:Стандартинформ, 2005

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена математическая статистика?
2. Когда появилось понятие «статистические методы управления»?
3. Какова роль Э. Шухарта в развитии и становлении понятия статистическое управление?
4. Какие факторы влияют на формирование качества продукции/процесса?
5. Что такое управление процессом?
6. Что такое робастные процессы?
7. Перечислите основные этапы развития статистических методов в России.
8. Основные этапы развития инженерной статистики.
9. Какие категории статистических методов, применяемых на предприятиях, вы знаете?
10. Перечислите наиболее распространённые инструменты/методы статистического управления.
11. Какие статистические методы используются на этапе ЖЦП «Проектирование и разработка продукции»?
12. Какие задачи решаются применением статистических методов на этапе «Контроль и испытания»?
13. Какие статистические методы могут использоваться при решении проблем на стадии «Обеспечение стабильности качества продукции при производстве»?
14. Что включает в себя программа освоения статистических методов?