

УДК 658.562.012.7

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Мария Александровна Смольянинова

*Студент 4 курса  
кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: В.М. Корнеева,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»*

Ключевые слова: контрольная карта (Control Chart), вариация (variation), статистические методы (statistical methods), качество (quality).

Аннотация: В данной работе представлен статистический метод регулирования технологических процессов при помощи контрольных карт. Контрольная карта позволяет наглядно отразить ход производственного процесса на диаграмме и таким образом выявить нарушения технологии. Детально анализируется логика работы карт. Рассмотрены понятия «управляемой» и «неуправляемой» вариации. Исследованы проблемы и типичные ошибки в построении, применении и анализе контрольных карт.

Успех любого предприятия состоит из трех основных аспектов: инновационного потенциала, эффективности и качества производимой продукции. Качество как стратегическая цель приобретает все более важное значение для предприятий. Потребность в активных методах предупреждения брака в процессе изготовления продукции привела к разработке методов и систем управления качеством, базирующихся на методах математической статистики [5].

При статистическом управлении качеством не предусматривается исследование технологического процесса для установления закона преобразования входной переменной в выходную. При наличии тенденции выхода контролируемого параметра (выходной переменной) за пределы допуска или контрольных границ необходимо остановить производство с целью выявления причин, вызывающих эти отклонения. Возможность делать на основании нескольких наблюдаемых в выборке значений заключения о всей партии изготовленной при тех же условиях имеет важное значение для продолжения производственного процесса и соблюдения заданных критериев качества [7].

Статистическое регулирование качества — это текущий контроль за производством и предупреждение брака путем своевременного вмешательства в технологический процесс.

Различают понятия статически управляемой системы и неуправляемой. Система, находящаяся в стабильном, управляемом состоянии, ведет себя так, что ее результаты можно предсказывать с определенной точностью до тех пор, пока ее не выведут из этого состояния. Такую систему принято называть статически управляемой. Когда система подвержена внешним вмешательствам она выходит из-под контроля и становится неуправляемой. Появляется необходимость в определении момента вмешательства. С этой целью применяются контрольные карты (КК), которые являются графическим способом представления результатов технологических или других процессов в порядке их выполнения. Основная цель КК — дать оперативную информацию об изменении состояния процесса, о появлении специальных (внешних, не присущих процессу) источников вариации результатов, т.е. выходу процесса из состояния статической управляемости. Наличие такой информации является условием анализа этих причин и улучшения процесса.

Итак, любые процессы подвержены вариабельности, но некоторые из них обладают управляемой вариабельностью, а некоторые — неуправляемой. Идеализированная модель управляемой вариации показана на рис. 1 [6].

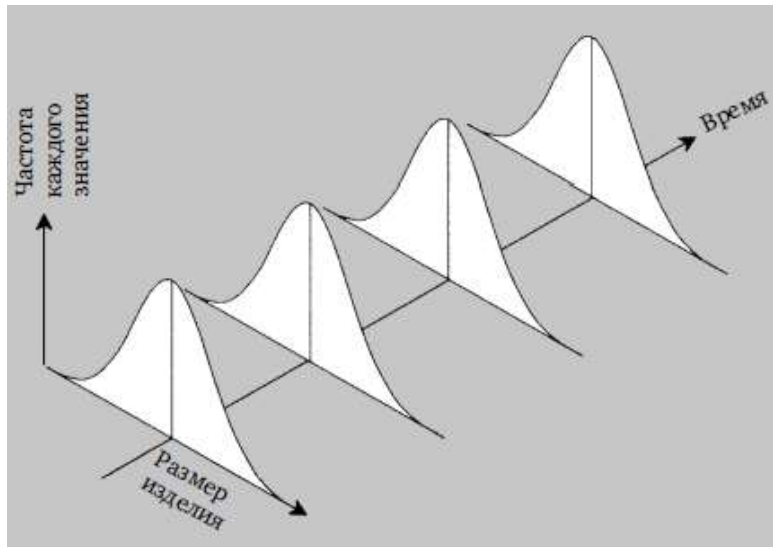


Рис. 1 Идеализированная концепция управляемой вариации

Неуправляемая вариабельность характеризуется определенными причинами, которые приводят к увеличению вариации и к непредсказуемости процесса. Пример неуправляемой вариации показан на рис. 2 [6].

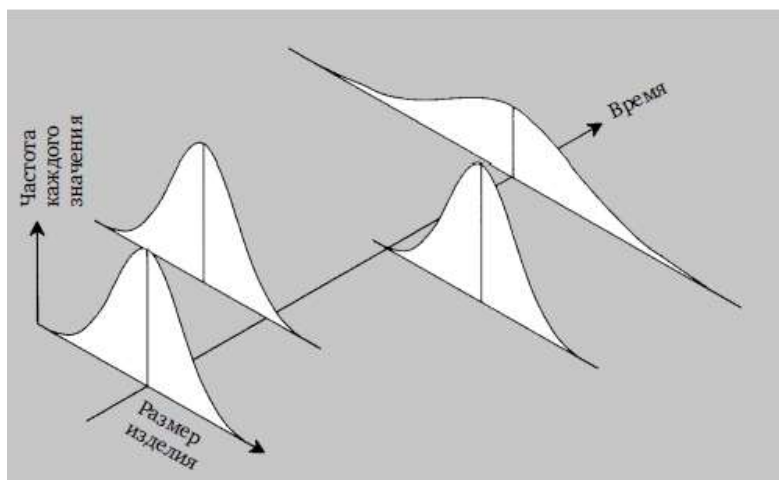


Рис. 2 Пример неуправляемой вариации

Идея Шухарта заключалась в том, что при нахождении всех точек процесса внутри контрольных пределов контрольная карта характеризует систему как статистически управляемую, а при выходе за них — неуправляемую. Классификация КК представлена на рис. 3.

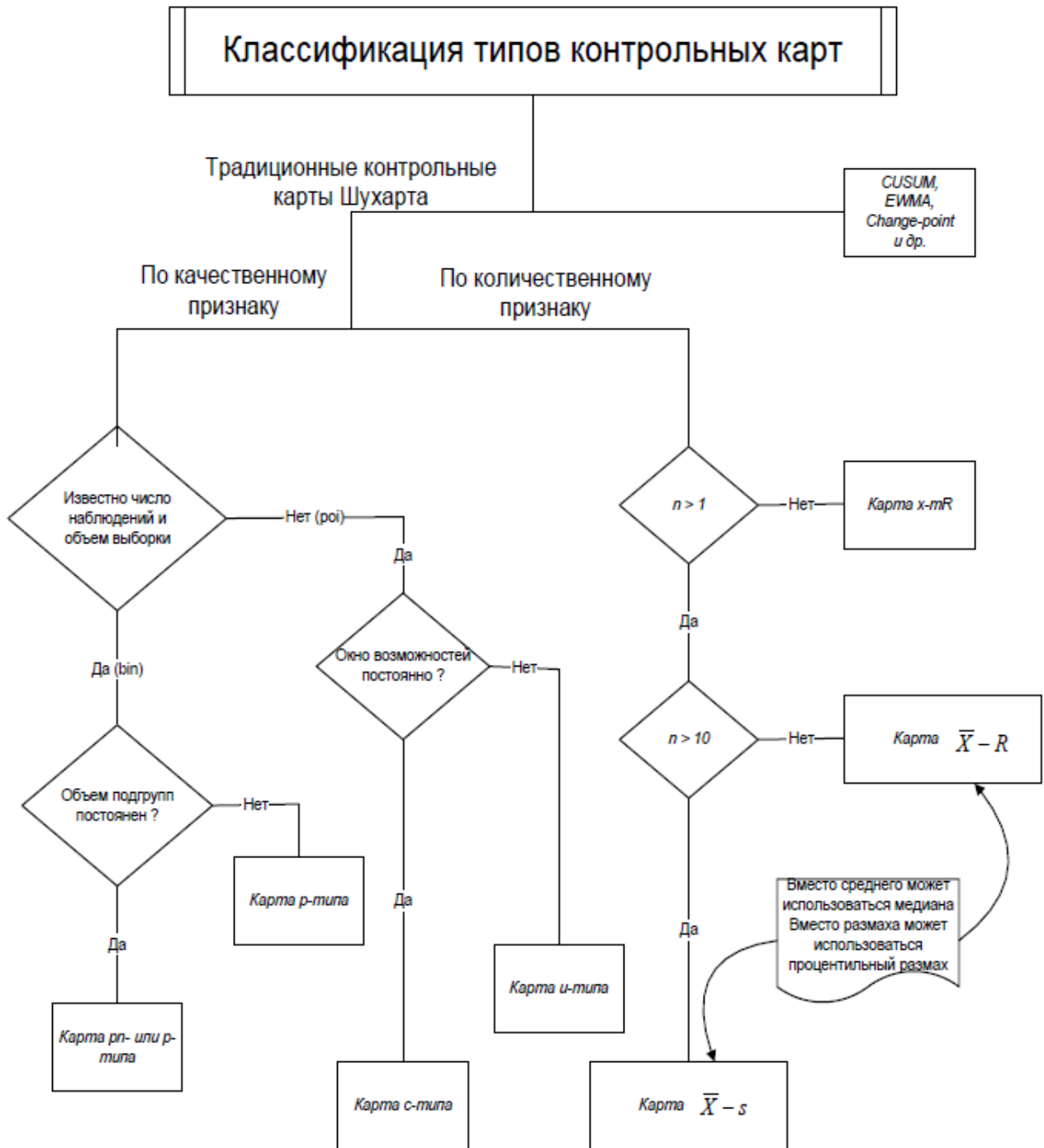


Рис. 3 Классификация типов контрольных карт

Однако следует отметить, что при всей кажущейся простоте КК при их построении и анализе возникает ряд проблем:

- Противоречивость логики работы карт;
- Неверное требование нормальности распределения данных;
- Различие понятий допуска и контрольных границ;
- Правильный подход к первой фазе анализа КК;
- Необходимое и достаточное количество правил определения управляемости процесса;
- Рациональная группировка данных.

*Противоречивость логики работы карт*

Как известно, для любой замкнутой системы выполняется второй закон термодинамики. Это значит, что благодаря энтропии рано или поздно система придет в состояние хаоса, то есть последуют разрушения, аварии, ухудшение качества. Для поддержания системы в управляемом состоянии необходимо вводить энергию извне, тогда КК становятся индикатором того, что система требует дополнительной энергии. Следовательно, любой процесс, действующий без поддержки КК, придет в состояние хаоса.

Логика работы контрольных карт показана на рис. 5. Она строится на том, что мы предполагаем, что исследуемый процесс стабилен на протяжении некоторого времени, это помогает нам применить такие параметры, как среднее средних и средний размах. Но, как известно, это противоречит второму закону термодинамики (замкнутая система не стационарна), а если она не стационарна, то нет возможности применять эти параметры.



Рис. 5 Логика работы контрольных карт

*Неверное требование нормальности распределения данных*

Одной из важнейших проблем — является то, что во многих изданиях по сегодняшний день исходным данным для построения КК предъявляется требование нормальности распределения. Необходимо понимать, что в предположении о нормальности исходных данных рассчитаны только численные значения констант в формулах определения контрольных границ, но даже, если данные будут иметь ненормальный закон распределения, то константы изменятся незначительно. Это доказал Ирвинг Бэrr. Он проверил 26 ненормальных распределений и понял, что, чтобы отклонения констант стали существенно влиять на контрольные пределы, их надо рассчитать по данным о 150 подгруппах по пять элементов в каждой [6].

*Различие понятий допуска и контрольных границ*

Следует понимать, что допуск — это всего лишь способ отсортировать продукцию на годную и бракованную. Он не дает возможности улучшить технологический процесс, не

помогает производить в большей мере «хорошую» продукцию, в то время как, идея Шухарта заключается в уменьшении вариабельности, приводя ее к так называемой «управляемой вариабельности», которая, в свою очередь, помогает улучшить технологический процесс.

*Правильный подход к первой фазе анализа КК*

Еще одна проблема связана с тем, что на практике мы имеем бесконечный развивающийся процесс, у которого нет точного среднего значения и соответствующего стандартного отклонения. Поэтому, контрольные границы, зависящие от стандартного отклонения и среднего не могут быть 100 % точными. Отсюда же следует, что если число выбранных подгрупп мало, то среднее и СО будут иметь значение сильно отличное от истинных, а это значит, что вероятности выхода точки за контрольные границы будут иными. Необходим правильный подход к первой фазе анализа КК.

*Необходимое и достаточное количество правил определения управляемости процесса*

Четыре правила определения отсутствия управляемости процесса представлены на рис. 6 [6].

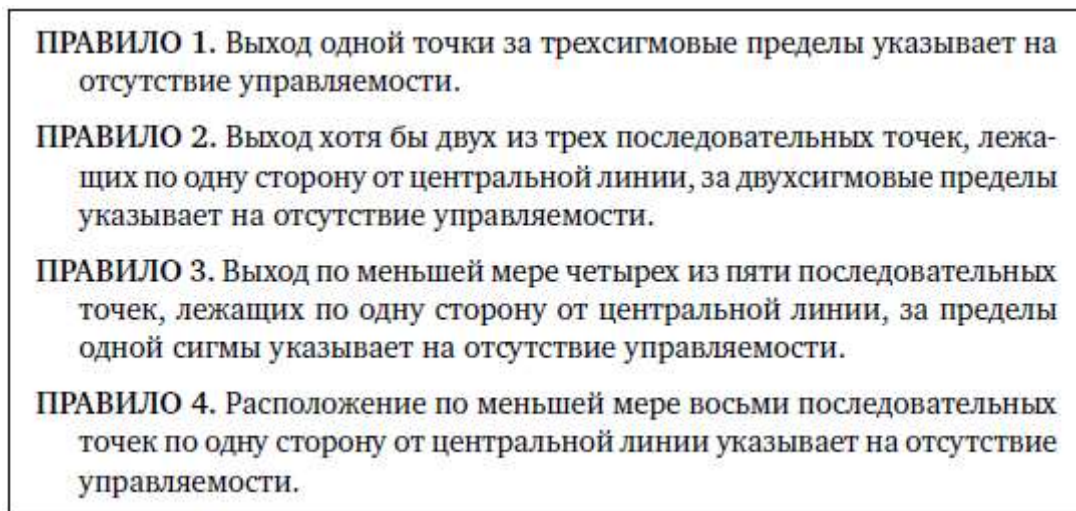


Рис. 6 Правила определения управляемости процесса

Список правил можно сделать бесконечным. В него можно было бы включить массу других методов. Но добавление каждого нового критерия отсутствия управляемости увеличивает вероятность ложных тревог. Чем больше критериев используется, тем чаще возникает что-то, что кажется сигналом.

*Рациональная группировка данных*

Важным моментом в КК является рациональная группировка данных. Как показала практика, способ группировки значений оказывает существенное влияние на КК, а следовательно и на результаты анализа. Необходимо, чтобы данные внутри подгруппы были как можно более однородными, то есть другими словами – внутри подгрупп вариация должна быть минимальной. Эта необходимость возникает из-за того, что именно эта вариация используется при расчете контрольных пределов. Контрольные пределы зависят от среднего размаха, который в свою очередь, зависит от групповых размахов, отражающих вариацию внутри подгрупп. Именно вариация внутри подгрупп используется для установления контрольных пределов, которые определяют, какая вариация допустима между подгруппами. Итак, именно внутригрупповая вариация определяет чувствительность КК. Следовательно, сначала надо рассмотреть источники вариации для каждого конкретного измерения, а затем выбрать соответствующие подгруппы [6].

*Основные принципы группировки:*

*Нельзя сознательно собирать в одну подгруппу непохожие вещи.* Каждая подгруппа должна быть логически однородной. Например, количества обрезанного справа (одна операция) и слева (другая операция) не могут принадлежать к одной и той же подгруппе, так

как эти два значения представляют два разных процесса. Их смешивание скроет различия между ними.

*Необходимо уменьшать вариацию внутри каждой подгруппы.* Именно вариация внутри каждой подгруппы задает основной уровень шума для данных. Любые сигналы, какие могут быть в наших данных, мы имеем шансы обнаружить только на фоне этого основного шума. Следовательно, уменьшая внутригрупповую вариацию, мы уменьшаем шумы и делаем КК более чувствительной к присутствующим сигналам.

*Необходимо увеличивать возможную вариацию между подгруппами.*

КК нацелена именно на различия между подгруппами. Она использует внутригрупповую вариацию для определения того, какой вариацией можно пренебречь. Следовательно, уменьшая внутригрупповую и увеличивая межгрупповую вариацию, мы получим полезную и чувствительную КК.

*Необходимо усреднять шумы.*

Цель использования групповых средних заключается в усреднении шумов, чтобы выделить сигнал и сделать его легче обнаруживаемым. Никогда не стоит усреднять измерения, полученные таким образом, что априори известна их логическая неэквивалентность. Усреднение сигналов или потенциально возможных сигналов всегда ошибочно.

*Необходима систематическая, стабильная процедура измерения.*

В тех случаях, когда в процессе сбора информации присутствует субъективность, вполне вероятно, что на свойства собранных данных существенно влияет смена наблюдателей. Систематическая, стабильная процедура измерения — важное условие получения качественных данных.

### **Выводы**

Нельзя принимать решения, основываясь на сравнении нескольких точек, вырванных из процесса. Надо обязательно смотреть на весь процесс в целом и отделять случайные колебания от возмущающих внешних воздействий. Пока не стерты случайные черты, нельзя даже говорить о разумных решениях проблем [5].

Метод статического регулирования при помощи КК нашел широкое применение благодаря способности КК обнаруживать выход процесса из состояния управляемости, даже если контрольные границы вычислялись по вышедшим из-под контроля данным.

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

### **Литература**

1. Гиссин В.И. Управление качеством продукции. Ростов н/Д: Феникс, 2000. 256 с.
2. ГОСТ Р 50779.42–99 Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. Введ 2000-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1999. 36 с.
3. Дэвид Г. Порядковые статистики: пер с англ. / под ред. В.В. Петрова. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. 336 с. [David H.A. Order Statistics. - 1970].
4. Кумэ Х. Статистические методы повышения качества: пер. с англ. Адлера Ю.П., Конаревой Л.А. / под ред. Х. Кумэ. М.: Финансы и статистика, 1990. 304 с. [Hitoshi Kume. Statistical methods for quality improvement. – AOTS, 1985.].
5. Миттаг Х.-Й., Ринне Х. Статистические методы обеспечения качества: пер. с нем. Е.Кокот / под ред. Б.Н.Маркова. М.: Машиностроение, 1995. 616 с. [H. Rinne, H.-J. Mittag. Statistische Methoden der Qualitätssicherung. – Hanser, 1993].
6. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами: Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта: пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. 409 с. [Wheeler D. J., Chambers D. S. Understanding Statistical Process Control. 2<sup>nd</sup> Ed. – SPC Press, 1992.].

7. *Шторм Р.* Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества: пер. с нем. Н.Н. и М.Г. Федоровых / под ред. Н.С. Райбмана. М.: Мир, 1970. 368 с. [R. Storm. Wahrscheinlichkeitsrechnung Mathematische Statistik Statistische Qualitätskontrolle. – VEB Fachbuchverlag, 1957].