

УДК 62:658.5

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКОВ НА ЗАВОДЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Федорович Н.Н., Студеникина О.Д.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,  
e-mail: fedorovichn@mail.ru

Контроль процесса производства является необходимым и определяющим действием для обеспечения качества готовой продукции и подтверждения ее соответствия требуемым регламентированным нормам. Гарантировать обеспечение, установление и поддержание процесса на должном уровне, при котором выпускается нормированная продукция, а параметры процесса не выходят за допустимые пределы, позволяет статистический контроль стабильности производства. В статье рассмотрена возможность применения для контроля стабильности производства электросчетчиков статистической контрольной карты, представляющей графическую зависимость выбранного показателя, определенного в последовательных выборках, относительно разброса данных внутри процесса. Для управления стабильностью процесса изготовления электросчетчиков на заводе измерительных приборов рекомендовано использовать контрольную карту Шухарта по альтернативному признаку (р-карта). В качестве контролируемого параметра взята доля дефектных печатных плат и выводных элементов в партии при производстве электросчетчиков. В результате экспериментальной работы на предприятии рассмотрен процесс визуальной оценки соответствия требуемым параметрам печатных плат и выводных элементов, а с применением построенной контрольной карты Шухарта по альтернативному признаку проведена оценка состояния производства и сделан вывод, что процесс производства электросчетчиков на заводе измерительных приборов находится в статистически управляемом состоянии.

**Ключевые слова:** статистические методы, контроль стабильности производства, электросчетчики, контролируемые параметры процесса, контрольные карты Шухарта по альтернативному признаку, р-карта

## STATISTICAL CONTROL OF STABILITY OF PRODUCTION OF ELECTRIC METERS AT THE PLANT OF MEASURING INSTRUMENTS

Fedorovich N.N., Studenikina O.D.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: fedorovichn@mail.ru

Control of the production process is a necessary and decisive action to ensure the quality of the finished product and confirm its compliance with the required regulated standards. To guarantee the provision, establishment and maintenance of the process at the proper level, at which normalized products are produced, and the process parameters do not go beyond acceptable limits, allows statistical control of the stability of production. The article considers the possibility of using a statistical control chart to control the stability of the production of electricity meters, representing a graphical dependence of the selected indicator, determined in successive samples, relative to the spread of data within the process. To control the stability of the process of manufacturing electricity meters at the plant of measuring instruments, it is recommended to use the Shewhart control chart by an alternative sign (p-chart). The share of defective printed circuit boards and output elements in a batch in the production of electric meters was taken as a controlled parameter. As a result of experimental work at the enterprise, the process of visual assessment of compliance with the required parameters of printed circuit boards and output elements was considered, and using the built Shewhart control chart on an alternative basis, an assessment of the state of production was carried out, and it was concluded that the production process of electric meters at the plant of measuring instruments is in a statistically controlled condition.

**Keywords:** statistical methods, production stability control, electricity meters, controlled process parameters, Shewhart's control charts by alternative attribute, p-map

Качество продукции играет определяющую роль для производства. Дополнительная прибыль предприятия, обеспечение дальнейшего развития производственной и социальной структуры зависят от уровня востребованности продукции на рынке, который непосредственно связан с ее качеством. Контроль качества производства должен быть системным фактором и выполняться постоянно на всех этапах производственного процесса для гарантии соответствия производимой продукции определенным нормам [1].

Существенным элементом управления качеством и достижения эффективности производственных процессов и качества продукции на предприятии считаются статистические методы [2, 3].

Востребованность статистических методов у организаций определяется в первую очередь экономическими причинами, поскольку при их использовании снижается уровень брака и денежные издержки. Статистические методы позволяют определять причины, вызывающие несоответствия, что снижает возможность появления

дефектов в готовых изделиях. Применение статистических методов для наблюдения за стабильностью и изменчивостью процессов помогает анализировать имеющиеся данные, принимать обоснованные управленческие решения, причем без использования интуитивных подходов, а только путем рассмотрения фактических результатов, наметившихся тенденций и тем самым постоянно улучшать качество продукции и процессов [4].

Можно выделить следующие достоинства статистических методов контроля стабильности процесса производства:

- позволяют получать информацию о стабильности, помехах и смещениях уровня настройки процесса изготовления изделий;
- требуют оптимальных объемов аналитических образцов;
- показывают реальные данные о положении признака внутри поля допуска контролируемого параметра.

Среди недостатков данных методов следует отметить:

- применение индивидуально для каждого контролируемого параметра;
- вероятность забраковки партии продукции при соответствии результатов измерения выборки в границах поля допуска;
- повышенные требования к уровню подготовки специалистов.

Выбор статистических методов, необходимых для контроля предсказуемости технологического процесса и характеристик продукции, должен осуществлять производитель, который может дополнительно разрабатывать для этого соответствующие процедуры [5].

Целью данной работы является статистический контроль стабильности производства электросчетчиков. Объектом исследования является производство электросчетчиков. Оценку стабильности процесса производства электросчетчиков проводили на заводе измерительных приборов.

#### **Материалы и методы исследования**

Обязательный перечень основных параметров и признаков, подлежащих статистическому контролю в процессе производства электросчетчиков, должен определяться технической документацией на изделие и его составляющие.

Завод электроизмерительных приборов осуществляет полный цикл серийного производства широкого спектра электронных приборов и систем учета электрической энергии и вспомогательного оборудования, обеспечивающих точный учет электроэнергии автономно или в составе информационно-измерительных систем.

Корпуса электросчетчиков изготавливают из термопластичных пластиков. В качестве удобного и экономически выгодного способа производства корпусов используется вакуумная формовка, которая применима только к этим видам пластмасс. Цех выводного монтажа является основой электро-технического производства и осуществляет широкий спектр операций по монтажу радиоэлектронных компонентов: от пайки выводных элементов на печатные платы до выполнения монтажа сложносоставных компонентов. Цех сборки электросчетчиков представляет конечное звено в длинной цепи производства электрического счетчика. Каждый собираемый счетчик поочередно проходит этапы слесарной сборки, калибровки, штрихкодирования, технологического прогона, поверки, пломбировки и упаковки сначала в индивидуальную упаковку, а затем и в групповую тару.

Калибровка счетчиков производится путем записи в память счетчика по специальному интерфейсу основных рабочих параметров. Процессы калибровки и поверки максимально автоматизированы, что существенно улучшает качество выполняемых операций, исключает ошибки оператора.

На стадии выводного монтажа предусмотрен входной контроль печатных плат и выводных элементов в соответствии с ГОСТ Р 53432 [6]. Оценка параметров печатных плат и выводных элементов выполняется в ходе визуального осмотра. Оператор для контроля применяет лампу настольную с линзой для увеличения либо микроскопы.

При визуальном контроле в основном могут быть обнаружены дефекты:

- 1) связанные с паяльной маской в виде:
  - образования пустот и включений;
  - относительного изменения рисунка;
  - частичного заполнения переходных отверстий;
  - повреждения целостности структуры;
  - попадания в отверстия для монтажа;
- 2) связанные с контактной площадкой в виде:
  - отслаивания и отламывания металлизации;
  - нарушения размеров;
  - наличия пятен, неровностей;
  - разделения слоев материала;
  - повреждения финишного покрытия;
  - образования сколов, зазубрин и деформаций.

Статистическое управление процессом предусматривает организацию и поддержку процесса на достигнутом устойчивом уровне, обеспечивающем производство качественной продукции в соответствии с установленными требованиями [7, 8].

Одним из статистических инструментов управления процессом является статистическая контрольная карта, представляющая и сопоставляющая графическую зависимость информации о выбранном показателе, определенном в последовательных выборках, с разбросом данных внутри процесса.

Контрольные карты Шухарта отражают текущее состояние процесса, а их применение как инструмента контроля качества процессов и продукции доступно для всех работников, так как не требует длительной подготовки и высокой квалификации. Вместе с тем применение этих карт позволяет постоянно контролировать технологический процесс, выявлять отклонения, не допускать выпуск некачественной продукции, а следовательно, сокращать расходы предприятия [5, 9].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Контроль производства электросчетчиков на предприятии обеспечивается на всех стадиях технологического процесса, вместе с тем определяющим качество готовой продукции фактором является качество составляющих деталей, которые производятся на этом же заводе и могут своевременно заменять бракованные экземпляры при их обнаружении в процессе контроля. Для контроля стабильности производства электросчетчиков выбран показатель, связанный с качеством печатных плат и выводных элементов. Данные элементы представляют основу электронной составляющей электросчетчика и являются базовым звеном в производственной цепи изготовления приборов. В связи с этим считаем целесообразным проводить статистический контроль процесса производства счетчиков по наличию дефектных плат и выводных элементов.

Существуют контрольные карты Шухарта для альтернативных и количественных данных. Для контроля стабильности производства электросчетчиков целесообразно определять альтернативные данные, которые получают в ходе контрольных проверок каждого контролируемого объекта. Для фиксирования альтернативных данных выявляют, присутствует или нет определенный признак у объекта. В выборке подсчитывают количество признаков на единицу продукции или количество объектов с этим признаком. Таким образом, альтернативные данные получают без особых затрат, поскольку для их сбора не требуется специальных умений, часто для их регистрации достаточно провести визуальный осмотр.

В процессе визуальной оценки соответствия требуемым параметрам печатных плат и выводных элементов электросчетчиков определяют дефектные изделия, которые составляют альтернативные данные.

Для определения стабильности процесса предлагаем использовать контрольную карту по альтернативному признаку доли дефектных изделий в партии. Партии печатных и выводных элементов на заводе измерительных приборов имеют разные объемы, а р-карта позволяет оценивать процесс независимо от объема партий продукции.

Статистическая карта, применяемая для контроля, – это график, который включает линию центра, границы контроля (верхнюю (UCL) и нижнюю (LCL)), линию изменения контролируемой характеристики в зависимости от номера выборки. Линия центра устанавливается по опорному значению характеристики качества объекта, как выбранная или вычисленная. Границы контроля рассчитываются статистически и располагаются по обе стороны от линии центра [10].

Построение контрольной карты по альтернативному признаку (р-карта) для контроля стабильности производства электросчетчиков проводили с использованием исходных показателей по дефектным печатным платам и выводным элементам, собранным на заводе измерительных приборов. Эти показатели были зафиксированы в процессе визуальной оценки соответствия требуемым параметрам элементов контроля. Для каждой партии плат определяли количество изделий, поступивших на проверку, и число дефектных плат и выводных элементов, не соответствовавших требуемым показателям; данные представлены в таблице.

Р-карта, построенная по результатам визуального контроля и приведенная на рисунке, демонстрирует, что процесс производства электросчетчиков по показателю доли дефектных плат и выводных элементов в рассматриваемых условиях является управляемым, подтвержденным статистически.

Рассчитанные контрольные границы могут быть рекомендованы для последующего контроля до тех пор, пока процесс не выйдет из состояния статистической управляемости. Поскольку текущий процесс находится в состоянии управляемости, то его улучшение осуществимо только путем изменения.

В случае наблюдения нестандартного расположения точек на контрольной карте необходимо выявлять причину и вводить корректирующие действия.

Исходные показатели для контроля  
стабильности процесса  
по альтернативному признаку

№ выборки	Число дефектных изделий	Объем выборки	Доля дефектов
1	2	300	0,006
2	1	150	0,006
3	2	200	0,010
4	3	200	0,015
5	1	100	0,010
6	3	300	0,010
7	4	150	0,011
8	1	200	0,005
9	2	100	0,020
10	3	250	0,012
11	1	200	0,005
12	1	150	0,006
13	2	300	0,006
14	2	100	0,020
15	1	250	0,004
16	3	300	0,010
17	1	100	0,010
18	1	200	0,005
19	2	250	0,008
20	1	100	0,010
21	4	350	0,011
22	2	100	0,010
23	1	150	0,006
24	3	250	0,012
25	2	200	0,010

Выявление причин осуществляют следующим образом:

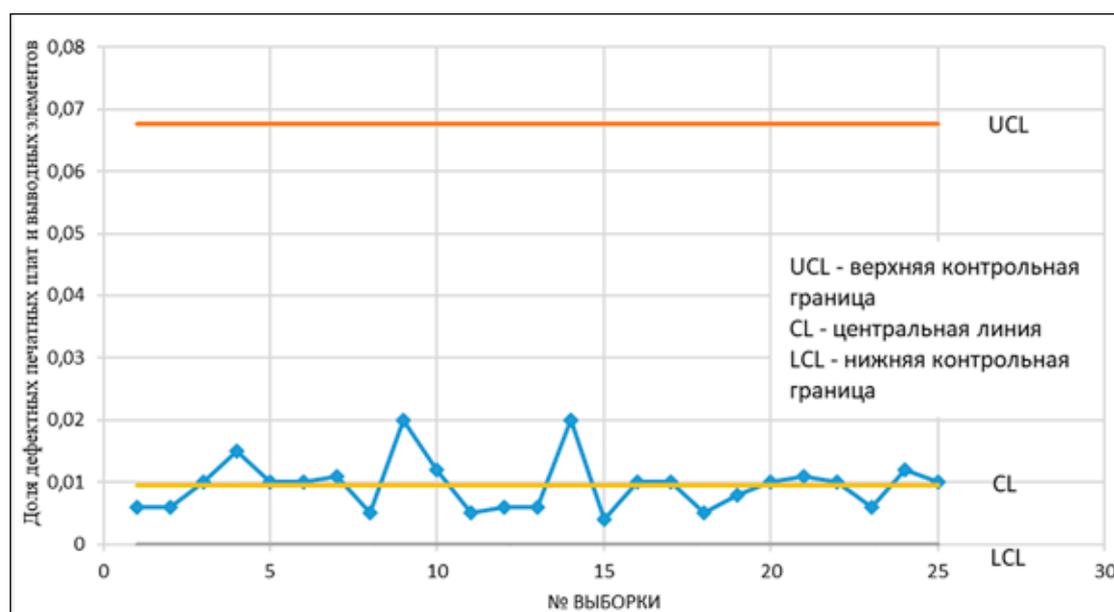
- проверяют квалификацию и компетентность контролера-оператора;
- выполняют внеочередную калибровку, проверку сроков поверки средств измерений;
- проводят технический осмотр и диагностику режимов функционирования оборудования.

При выполнении корректирующих действий:

- организуют повышение квалификации персонала, улучшают условия труда;
- осуществляют градуировку, регулировку, ремонт или замену средств измерений;
- настраивают, налаживают, направляют на ремонт, модернизируют или заменяют оборудование.

В качестве мероприятий по поддержке стабильности процесса производства электросчетчиков следует рекомендовать проведение ежедневного обслуживания и контроля работоспособности производственного оборудования; допуск к работе персонала, прошедшего специальную подготовку и сдавшего экзамен на квалификационную группу; анализ при закупке средств измерений их технических данных, сведений по поверке.

Анализ контрольных карт технологического процесса способствует выявлению неслучайных причин, влияющих на процесс. Если статистически установлено, что процесс находится в управляемом состоянии, качество продукции ожидаемо, так как процесс обеспечивает выпуск продукции, удовлетворяющей требованиям, установленным в нормативных документах.



*P-карта оценки стабильности производства электросчетчиков*

### Заключение

В данной работе показана возможность применения и практического использования контрольных карт Шухарта по альтернативному признаку (р-карты) для контроля стабильности производства электросчетчика.

В результате проведенной работы было установлено, что процесс производства электросчетчиков на заводе измерительных приборов является стабильным и статистически управляемым.

Характер расположения серии точек на р-карте позволяет установить и прогнозировать наличие изменений в процессах, связанных с оборудованием, измерительной системой, рабочими. При обнаруженных изменениях рекомендуется провести осмотр исходных объектов и контролирующей системы, проверить компетентность оператора и, при выявленных несоответствиях, вводить необходимые корректирующие действия.

### Список литературы

1. Кане М.М., Иванов Б.В., Корешков В.Н., Схиртладзе А.Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества. СПб.: Питер, 2014. 575 с.
2. Федорович Н.Н., Федорович А.Н. Применение методов управления качеством при повышении эффективности работы измерительного оборудования по учету газа // Современные наукоемкие технологии. 2011. № 3. С. 43–46.
3. Федорович Н.Н., Федорович А.Н. Применение карт кумулятивных сумм для контроля качества природного газа // Современные наукоемкие технологии. 2012. № 6. С. 82.
4. Ильенкова С.Д. Управление качеством. М.: Юнити, 2018. 64 с.
5. Федорович Н.Н., Федорович А.Н., Ляшук Я.В. Совершенствование системы контроля процесса переработки нефти // Фундаментальные исследования. 2018. № 7. С. 20–33.
6. ГОСТ Р 53432-2009 Платы печатные. Общие технические требования к производству. М.: Стандартинформ, 2010.
7. Строителев В.Н. Статистические методы – основной инструмент специалиста в области качества // Качество, инновации, образование. 2012. № 1. С. 11–17.
8. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Темасова Г.Н. Статистические методы в управлении качеством: учебник. 2-е изд., испр. СПб.: Лань, 2019. 144 с.
9. Мойзес Б.Б., Плотникова И.В., Редько Л.А. Статистические методы контроля качества и обработка экспериментальных данных: учебное пособие. Томск: ТПУ, 2016. 119 с.
10. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 Статистические методы. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. М.: Стандартинформ, 2019. 46 с.