

УДК 0049:658.562.012.7

## ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ОСНОВАНИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

**Фурсов С.А., Киров А.В.**

*ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА), Москва,  
e-mail: glarbb@mail.ru*

В данной статье рассмотрена необходимость проведения оценки результативности процессов системы менеджмента качества организации для повышения качества принятия управленческих решений, что направлено на повышение конкурентоспособности продукции. Предложен способ оценки результативности СМК при помощи программных средств, осуществляющих сбор и обработку статистических данных, получаемых в ходе процесса производства изделий электронной техники. Необходимо отметить, что при процессе производства изделий электронной техники (электроники) проблема обращения с документированной информацией является весьма актуальной. В качестве одного из методов оценки результативности процесса производства выбран показатель оценки стабильности технологического процесса, позволяющий объективно оценить эффективность отдельных технологических процессов производства изделий электронной техники. Оперативное получение данных о стабильности технологического процесса позволяет своевременно осуществлять корректирующие воздействия. Также представлены макеты программных средств, разработанных с целью автоматизации большого объема статистических данных, получаемых в ходе функционирования процессов СМК. Программные средства разработаны при помощи форм графического интерфейса пользователя (GUI) и языка программирования Python. Преимущество использования выбранного языка программирования при обработке данных, получаемых в ходе функционирования процессов СМК, изложены в статье. Оценка результативности процессов системы менеджмента качества организации может применяться при формировании системы управления полным жизненным циклом изделия, основанной на применении информационных технологий.

**Ключевые слова:** система менеджмента качества, СМК, автоматизация, результативность, стабильность процесса, статистические данные, Python, контрольные карты

## EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM ON THE BASIS OF STATISTICAL DATA USING SOFTWARE

**Fursov S.A., Kirov A.V.**

*MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: glarbb@mail.ru*

This article considers the need to assess the effectiveness of the processes of the quality management system of the organization to improve the quality of management decisions, which is aimed at improving the competitiveness of products. A method for assessing the effectiveness of QMS using software tools that collect and process statistical data obtained during the production process of electronic products is proposed. It should be noted that during the production of electronic products (electronics) the problem of handling documented information is very relevant. As one of the methods of assessing the effectiveness of the production process, the indicator of assessing the stability of the technological process is selected, which allows to objectively assess the efficiency of individual technological processes of production of electronic products. Prompt receipt of data on the stability of the technological process allows timely corrective actions. Also presented are models of software tools designed to automate a large amount of statistical data obtained during the functioning of QMS processes. The software tools are developed using forms of the graphical user interface (GUI) and the Python programming language. The advantage of using the selected programming language in the processing of data obtained during the functioning of the QMS processes are described in the article. Evaluation of the effectiveness of the processes of the organization's quality management system can be used when organizing a management system for the entire product life cycle based on the use of information technologies.

**Keywords:** quality management system, QMS, automation, efficiency, process stability, statistics, Python, control cards

Результативность систем менеджмента качества (СМК) строится за счет оценки достижения плановых показателей, установленных организацией, за определенные интервалы времени, а также за счет оценки стабильности процессов (процедур) функционирующих в системе менеджмента качества. Важность оценки результативности обусловлена необходимостью своевременной разработки корректирующих воздействий и недопущения снижения качества продукции.

Необходимость проведения оценки результативности процессов СМК определена требованиями стандарта ГОСТ Р ИСО 9001 и обусловлена:

- выявлением причин, влияющих на результативность СМК и разработка предупреждающих (корректирующих) действий;
- оценкой правильности принятых управленческих решений;
- оценкой результативности отдельных процессов СМК с целью предотвращения

комплексных проблем и оценки влияния отдельных процессов на СМК организации в целом;

– корректировкой плановых показателей по результатам деятельности в отчетном периоде;

– оценкой соответствия деятельности организации действующим документам по стандартизации.

Информация, используемая для оценки результативности СМК организации в соответствии с требованиями стандарта должна быть документированной. Информация является свидетельством полученных результатов [1].

Данными для оценки результативности, как правило, являются показатели процессов, полученные в ходе мониторинга и измерений показателей продукции, а также показатели анализируемые в целях оценки достижения запланированных целей. Использование результатов внутренних аудитов возможно для оценки результативности СМК, но с учетом достижения целей в области качества, анализа удовлетворенности потребителей и корректирующих воздействий.

Цель исследования состоит в обосновании целесообразности проведения оценки результативности процессов системы менеджмента качества организации с применением современных программных средств. Для достижения поставленной цели на языке программирования Python разработано программное обеспечение для обработки статистических данных и оценки результативности СМК.

### Материалы и методы исследования

Оценку результативности представляют руководству организации для принятия решений об осуществлении корректирующих воздействий. Исходя из этого возникает необходимость применения статистических методов контроля качества, как наиболее объективного источника получения информации, показавших свою эффективность в управлении качеством [2, 3].

Большое количество данных, получаемых в результате функционирования элементов СМК, нуждаются в автоматизации, с применением покупного программного обеспечения или собственной разработки, так как средства MS Office, зачастую используемые в организации, не позволяют обеспечить оперативную обработку и анализ информации.

В настоящее время широкое распространение получили автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), в частности: SCADA, Simplicity, Simatic WinCC и другие [4]. Однако, модули управления СМК в данных программных средствах не предусмотрены, также программные продукты не учитывают специфику производства изделий электронной техники.

Для решения этой задачи возможно использование программного обеспечения STATISTICA, 1С,

TechnologiCS, MATLAB, MATCAD и других. Необходимо отметить, что эти программные продукты требуют настройки и интеграции в действующую информационную среду предприятия.

Возможным программным решением может стать IBM Rational Quality Manager™. Стоит отметить, что этот программный продукт для небольших организаций может показаться громоздким с большим набором функций, которые не используются. В связи с этим большинство производителей электронной техники отдают предпочтение программным средствам собственной разработки.

Использование скрипта, написанного на языке Python, позволяет получать файлы, в частности общепринятые форматы .txt, .tiff, .docx, .xlsx, что дает значительное преимущество в универсальности их использования на любых компьютерах и мобильных устройствах.

Например, при осуществлении операции монтажа кристалла интегральных микросхем на клею в соответствии с технологическим процессом контролю подлежат следующие параметры: внешний вид кристалла и поверхности, точность монтажа кристалла, контроль прочности крепления кристалла, контроль поверхности перед разваркой внутренних проволочных соединений.

Также должен осуществляться анализ параметров, влияющих на процесс, в частности параметры микроклимата помещений, температура рабочей поверхности, время присоединения, время сушки и усилие при наклейке. Результаты контроля оформляются в виде протоколов операционного контроля или сопроводительных листов, тем самым осуществляется документирование информации.

Существующие методы входного и технологического контроля пластин и структур полупроводниковых приборов в большинстве случаев подразумевают сплошной контроль и регистрацию полученных значений при помощи современных средств измерений. В случае проведения входного контроля и испытаний полученные данные подлежат документированию [5, 6].

Исходя из вышеизложенного, организация на выходе процесса получает большой объем документированной информации, нуждающейся в обработке при помощи программных средств (средств автоматизации). При использовании программных средств для оценки результативности процессов предложен алгоритм, представленный на рис. 1. На основе алгоритма разработано на языке программирования Python программное средство. Алгоритм описывает порядок действий при автоматизации того или иного процесса с последующей оценкой его результативности, что отражено в разработанном программном обеспечении. Также реализована оценка результативности мер, осуществляемых в результате корректирующих воздействий.

Для оценки стабильности и настроенности технологического процесса целесообразно использование контрольных карт. Контрольная карта позволяет выявить отклонения технологического процесса от заданных требований.

При построении X-карты (карта средних значений) рассчитывается среднее значение для выборки, среднее квадратическое отклонение. Осуществляется построение центральной линии, верхней и нижней контрольной границы [7].

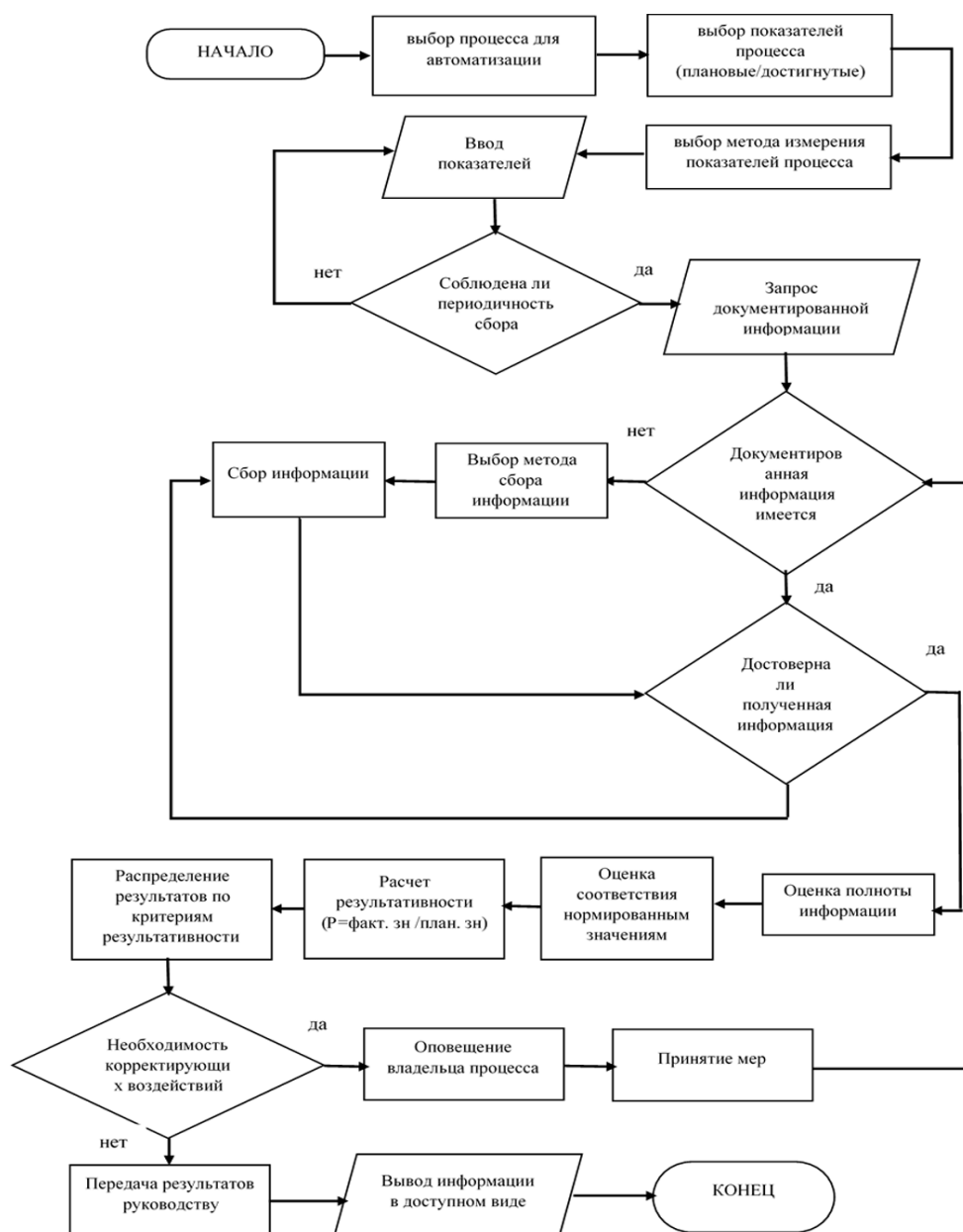


Рис. 1. Алгоритм автоматизации оценки результативности при помощи программных средств

При небольшом количестве контролируемых параметров технологического процесса построение контрольных карт не составляет большого труда и задача решается посредством MS Excel. Однако, учитывая большое количество получаемых данных для составления контрольной карты некоторых процессов, потребуется использование программных средств собственной разработки. Разработка собственного программного обеспечения позволит полноценно использовать SQL и обрабатывать данные практически любого объема. Получаемые статистические данные возможно использовать при оценке результативности процессов СМК. Реализация оценки результативности СМК при помощи информационных технологий на основе статистических данных с учетом автоматизации позволяет сократить время функционирования

процессов и снизить затраты за счет экономии человеческих ресурсов [8].

Необходимо выделить существующие методы оценки результативности СМК:

- экспертная оценка, проводимая с учетом коэффициента конкордации;
- балльная оценка;
- путём оценки экономической эффективности СМК (Эффективность = Результат/Затраты);
- оценка на основе сбалансированной системы показателей;
- оценка взаимосвязи экономических показателей и удовлетворенностью потребителя (на основе SQI и ACSI);
- соотношение полученных результатов и затрат с учётом прироста продукции надлежащего качества;

– оценка по средневзвешенным показателям (весовые коэффициенты формируются экспертным путём) [9].

Как правило, организации проводят оценку результативности в лучшем случае один раз год, а в некоторых случаях непосредственно перед проведением сертификации. Получение оценки с такой периодичностью не позволяет оперативно получать объективные данные о результативности и своевременно осуществлять корректирующие воздействия.

Учитывая вышеизложенное, наиболее трудоемкими и сложными в оценке результативности являются процессы СМК, связанные с производством продукции, которые нуждаются в постоянном мониторинге. На примере производства изделий электронной техники наиболее трудоемкими являются процессы оценки по показателям точности, стабильности и настроенности технологических процессов.

Технологические процессы могут оцениваться по показателям точности, стабильности и настроенности, по формулам (1)–(3) [10].

$$K_T = \frac{6S}{\delta} \leq 1, \quad (1)$$

$$K_n = \frac{\bar{x} - x_{\delta}}{\delta} \rightarrow 0, \quad (2)$$

$$K_c = \frac{S_{t1}}{S_{t2}} \rightarrow 1, \quad (3)$$

где  $\delta$  – допуск на параметр;

$x_{\delta}$  – середина поля допуска;

$S_{t1}$  – среднее квадратическое отклонение в фиксированный момент времени  $t_1$ ;

$S_{t2}$  – среднее квадратическое отклонение в фиксированный момент времени  $t_2$ .

В соответствии с требованиями комплекса государственных стандартов, распространяющихся на изделия электронной техники, в частности интегральные схемы, параметры точности и стабильности технологических процессов выражены через показатель процента выхода годных. Данный показатель может быть взят за основной, характеризующий показатели технологического процесса.

Оценка точности технологического процесса может определяться по формуле

$$P_v \geq P_{\text{доп}} = \frac{\left( P_0 + U_{p=1-\alpha} \sqrt{\frac{P_0(100-P_0)}{n}} \right)}{100}, \quad (4)$$

где  $P_v$  – доля годных изделий по результатам контроля выборки изделий объемом  $n$  из производственной партии;

$P_{\text{доп}}$  – нижняя допустимая граница доли годных изделий;

$U_{p=1-\alpha}$  –  $p$  – квантиль стандартного нормального распределения при уровне значимости  $\alpha \leq 0,05$ .

Оценка стабильности технологического процесса может определяться по формуле

$$K_{c.o} \leq \chi_{v=m-1, p=a}^2, \quad (5)$$

где  $K_{c.o} = \sum_{i=1}^m n_i \frac{(P_i - \bar{P})^2}{\bar{P}(1-\bar{P})}$  – коэффициент общей стабильности;

$P_i = \frac{k_i}{n_i}$  – доля годных изделий в  $i$ -выборке;

$k_i$  – количество годных изделий в  $i$ -выборке;

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^m k_i}{\sum_{i=1}^m n_i} - \text{средняя доля годных изделий в совокупности проконтролированных выборок;}$$

$\chi_{v=m-1, p=a}^2$  –  $p$ -квантиль  $\chi^2$  – распределения при степени свободы  $v = m - 1$  и уровне значимости  $\alpha \leq 0,05$ .

Учитывая большое количество технологических процессов и получаемых данных о количестве годных в оцениваемых выборках, использование программных средств, разработанных, в частности, при помощи языка программирования Python, значительно облегчает задачу обработки статистических данных для оценки результативности.

### Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки результативности и получения статистических данных использовано разработанное авторами программное средство «Автоматизированный контроль качества». Использование программного средства на автоматизированных рабочих местах (АРМ) служб контроля качества позволяет значительно снизить трудоемкость оценки результативности СМК.

Выбор Python в качестве языка программирования для обработки статистических данных и оценки результативности СМК на их основе обусловлен рядом преимуществ:

- простота создания и настройки графических интерфейсов (GUI) и широкие возможности для автоматизации, в том числе обработки документов программ MS Office;
- удобство работы с библиотеками, разработанными для обработки и визуализации математических данных, в том числе большие возможности обработки Big Data;
- динамическая типизация и другие [11, 12].

Учитывая удобство обработки данных при помощи программных средств, созданных с использованием языка программирования Python, можно определить мероприятия, способствующие осуществлению автоматизации оценки результативности процессов СМК и СМК в целом:

- интеграция разработанного программного обеспечения в информационную среду предприятия, ведение электронного документооборота и электронных форм документов и защита информации [13];

– управление проектами при помощи автоматизированных систем;

– создание «цифровых двойников»;

– возможность работы с автоматизированных рабочих мест, а также при помощи носимых (мобильных) устройств, а также простота и интерактивность форм для ввода информации;

– предусмотреть возможность использования программного обеспечения собственной разработки или бесплатно распространяемых программных продуктов.

Рис. 2. Форма ввода данных программного средства «Автоматизированный контроль качества»

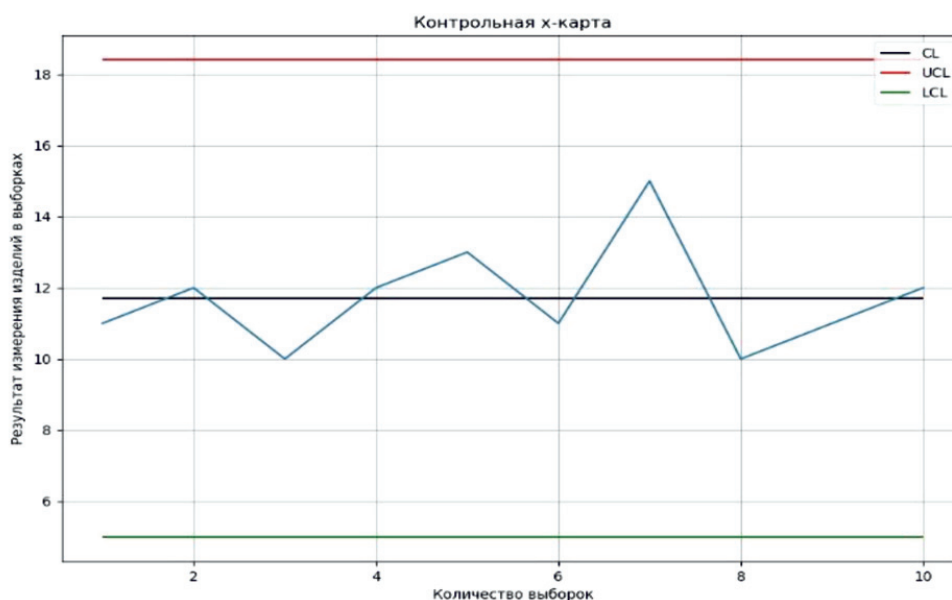


Рис. 3. Построенная при помощи программного средства «Автоматизированный контроль качества» контрольная X-карта

### Выводы

В результате можно сделать вывод, что современные СМК нуждаются в большом объеме документированной информации и применении статистических методов управления (контроля) качеством, по результатам которых принимаются управленческие решения.

Научная новизна использования программных средств автоматизации, построенных на Python, позволяет упростить получение и обработку данных для оценки результативности процессов СМК, использование в менеджменте качества результа-

тов обработки и анализа Big Data. При автоматизации оценки результативности СМК повышается качество принятия управленческих решений за счет возможности мониторинга процессов в реальном времени, тем самым разработка и анализ корректирующих воздействий может осуществляться в короткие промежутки времени. В связи с вышеизложенным разработанное программное обеспечение, реализующее алгоритм автоматизации оценки результативности СМК, целесообразно использовать при «лоскутной автоматизации» или автоматизации СМК небольших предприятий с целью сокращения трудовых затрат.

Использование программного обеспечения, автоматически обрабатывающего статистические данные, позволит значительно сократить затраты человеческих ресурсов организации производителей изделий электронной техники.

#### Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2015 Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2018. 32 с.
2. Бородачев С.М. Статистические методы в управлении качеством: учебное пособие». Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. 87 с.
3. Aral, Sinan and Brynjolfsson, Erik and Wu, D.J., Which Came First, it or Productivity? Virtuous Cycle of Investment and Use in Enterprise Systems. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=942291>. DOI: 10.2139/ssrn.942291.
4. Минин П.Е., Конев В.Н, Сычев Н.В., Крымов А.С., Савчук А.В., Андряков Д.А. Анализ существующих автоматизированных систем управления технологическим процессом // Спецтехника и связь. 2014. № 1. С. 29–37.
5. Груздов В.В., Колковский Ю.В., Концевой Ю.А. Контроль новых технологий в твердотельной СВЧ электронике. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. 328 с.
6. ГОСТ 24297-2013 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля. М.: Стандартинформ, 2016. С. 4.
7. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. М.: Стандартинформ, 2018. 42 с.
8. Фурсов С.А., Киров А.В. Основные подходы автоматизации оценки результативности СМК предприятия – производителя радиоэлектронной аппаратуры // Материалы Международной научно-технической конференции, INTER-MAPIC–2017, 2017. М.: МИРЭА, 2017. ч. 1. С. 1326–1329.
9. Швец В.Е. К вопросу определения результативности и эффективности СМК // Стандарты и качество. 2004. № 6. С. 4–8.
10. Р 50-601-20-91 Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования). М.: ВНИИС, 1991. 30 с.
11. Программные библиотеки Python. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.python.org> (дата обращения: 10.02.2020).
12. Свейгарт Э. Автоматизация рутинных задач с помощью Python: практическое руководство для начинающих. М.: Издательский дом «Вильямс», 2016. 581 с.
13. Глухова Л.В., Митрофанова Я.С. Управление информационным развитием предприятий с использованием инструментов стандартизации // Вестник ВУиТ. 2017. № 2. С. 74–81.