

Санкт-Петербургский государственный университет

САБИРОВ Рамиль Филаритович

Выпускная квалификационная работа

Практические проблемы применения методов анализа качества процессов

Уровень образования: *Бакалавриат*

Направление: *38.03.01 «Экономика»*

Основная образовательная программа: *СВ.5068.2016 «Экономика»*

Профиль *«Экономика фирмы и управление инновациями»*

Научный руководитель:
Доцент кафедры экономики
предприятия и предпринимательства,
кандидат экономических наук, доцент
Смирнов Сергей Анатольевич

Рецензент:
Профессор кафедры экономики
исследований и разработок, доктор
экономических наук, профессор
Кораблёва Ольга Николаевна

Санкт-Петербург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение..... | 3 |
| Глава 1 Использование статистических методов анализа качества процессов в современных условиях..... | 5 |
| 1.1 Классификация методов анализа процессов, их цели и особенности..... | 5 |
| 1.2 Основные методы статистического анализа процессов | 12 |
| 1.3 Системное применение статистических методов в методологии «Шесть сигм» | 26 |
| Глава 2 Практические примеры применения статистических методов для оценки качества различных процессов..... | 33 |
| 2.1 Статистический анализ рекламаций компании International Paper..... | 33 |
| 2.2 Анализ качества предоставления услуг на примере университетской столовой..... | 40 |
| 2.3 Статистическое управление логистическим процессом..... | 47 |
| Заключение..... | 54 |
| Список использованных источников..... | 57 |
| Приложение 1 – Информация о рекламациях компании International Paper за 3 года | 62 |
| Приложение 2 – Данные опроса потребителей столовой по адресу: ул. Чайковского, 62 | 63 |
| Приложение 3 – DPMO: Sigma Level Table | 65 |
| Приложение 4 – Данные кейса «Excel Logistics Services»..... | 66 |
| Приложение 5 – Таблица сравнения Z-оценки..... | 69 |

ВВЕДЕНИЕ

Одной из самых общих проблем производственного процесса в современном мире является его качество. Этот показатель является одним из главных факторов, улучшение которого приводит к увеличению эффективности производства. Кроме того, именно низкий уровень качества в большей степени оказывает эффект на возникновение кризисов на предприятии.

Чтобы иметь представление о текущем уровне качества на предприятии и управлять им, применяют различные методы анализа качества процессов. Но наиболее популярными являются статистические методы. Они стали вводиться еще с начала 20 века, когда предприниматели стали осознавать, что это не только увеличивает качество производимой продукции, но и помогает снижать издержки производства.

Целью данной работы является рассмотрение особенностей наиболее эффективных и популярных методов анализа качества процессов, в том числе и статистических.

Задачи, которые необходимо осуществить для выполнения поставленной цели:

- Выявить основные методы анализа процессов и разработать классификацию;
- Выявить наиболее эффективные и популярные методы, используемые для анализа производственных процессов на предприятии
- Обозначить особенности применения с учетом различных видов показателей качества;
- Рассмотреть и определить структуру методологии «Шесть сигм», а также определить основные направления данной методологии;
- Выявить гипотезы и провести их проверку;
- Рассмотреть процесс анализа качества процессов на примере конкретных предприятий;
- Произвести анализ информации с использованием статистических методов;
- Описать полученные результаты.

Поставленные цель и задачи квалификационной работы определили ее структуру. Работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

Во введении отражены основные цели и задачи, а также актуальность работы. В первой главе уделяется внимание описанию статистических методов анализа процессов, а также анализу методологии «Шесть сигм». Вторая глава посвящена практическому анализу качества

процессов различных предприятий при помощи статистических методов. В заключении подведены итоги выполненной работы и основные выводы по теме исследования.

ГЛАВА 1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

1.1 Классификация методов анализа процессов, их цели и особенности

Определение качества можно обобщить несколькими словами – параметрические, технологические свойства процесса, уровень его стандартизации и унификации, надежность и стабильность.¹

Для современного потребителя качество является главным фактором при принятии решения о покупке какого-либо товара – его надежность, эксплуатационная безопасность, дизайн и уровень гарантийного и пост-гарантийного обслуживания. То есть, во многом от уровня качества зависит уровень продаж фирмы на рынке. Кроме того, управляя качеством – осуществляя мероприятия при создании, эксплуатации или потреблении продукции в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня качества, предприниматель снижает себестоимость продукции, так как происходит меньше рекламаций, а они, как правило, стоят дороже, чем произвести новый продукт.

Что касается международного понятия качества, то оно трактуется как совокупность свойств и характеристик процессов, которые обеспечивают удовлетворение установленных или предполагаемых потребностей.

Деятельность по контролю качества в том виде начала развиваться еще в прошлом веке, при этом, значительные изменения в фокусе работы происходили в среднем каждые 20 лет. Деятельность по контролю качества продукции в прошлом веке была сосредоточена на работниках, то есть по крайней мере одна или очень небольшая группа работников несла ответственность за изготовление продукта.

В наше время, чтобы выявить причины отклонений производственных процессов, снизить их количество до приемлемого уровня, а также достичь управляемости качеством данных процессов, предприятия вводят статистический контроль качества в своих производственных процессах.

Статистический контроль качества – процесс, совокупность взаимосвязанных видов деятельности, которые объединяют машины, инструменты, методы, материалы и качество

¹ Нуретдинова Ю.В., Степанова В.А., Бояркина А.А. Качество продукции как основа конкурентоспособности предприятия // International Journal of Humanities and Natural Sciences – 2016. – С. 174

изготовления для преобразования исходного материала (сырья) в продукт или услугу с определенным качеством.²

Теоретической базой статистических методов анализа и управления качеством служат такие элементы, как теория вероятности и математическая статистика. Наиболее эффективно данные методы контроля начали распространяться, начиная с 20 века, параллельно периоду становления массового производства, но также стоит не забывать про сложные изделия, которые состоят из целого комплекса элементов, с определенным уровнем качества.

Использование статистических методов в качестве инструментов для управления уровнем качества процессов позволяет:

- Проводить сбор, обработку и в дальнейшем анализ данных для того, чтобы трансформировать их в объективную и достоверную информацию, необходимую для принятия решений;
- Определять и избавляться от проблем в области во всех процессах производства;
- Лучше понимать причины отклонений.

Какой бы статистический метод не применялся в организации, он в всегда будет основан на обработке статистических данных, которые были собраны в результате наблюдения за исследуемым процессом. При этом существует два различных типа таких наблюдений:

- Сплошное – изучение всего процесса;
- Выборочное – изучение только некоторых элементов процесса.

При помощи результатов статистического анализа выборки или ряда наблюдений ограниченного объема можно сделать вывод о качестве всего процесса. Но для этого необходимо выполнение следующего условия: выборка, подвергшаяся анализу, должна быть репрезентативной, то есть распределение анализируемого параметра должно быть достаточно близко к распределению этого же параметра в общей совокупности.

Классификацию основных методов статистического анализа качества процессов можно разделить на 3 группы, исходя из области их применения. Данная классификация представлена на рисунке 1.

² Meza-Jiménez J., Escamilla-López M., Llamas-Cabello R. Statistical Process Control: A Vital Tool for Quality Assurance //Lean Manufacturing in the Developing World. – Springer, Cham, 2014. – С. 65-86.



Рисунок 1. Классификация методов статистического анализа процессов

Источник: составлено автором

Описание данных методов представлено ниже:

- Корреляционный анализ – используется для того чтобы выяснить, существует ли функциональная связь между некоторыми переменными, в нашем случае между уровнем качества и каким-нибудь фактором, который задействован в процессе. Данная зависимость определяется как функция одной переменной от другой. В качестве меры зависимости используется коэффициент корреляции, значения которого лежат в пределах от -1 до 1, то есть если его значение приближено к 0, то связь между переменными очень слаба, а если к верхней или нижней границам, то наоборот, зависимость линейная. Корреляционный анализ позволяет установить силу и направление стохастической взаимосвязи между выбранными переменными. Популярность данного способа анализа данных обуславливается тем, что значения его коэффициентов легко интерпретируются и их применение не требует специальной математической подготовки;
- Регрессионный анализ – это совокупность статистических методов обработки фактических данных. Регрессионный анализ позволяет при условии стохастической зависимости исследуемой переменной от других переменных определить данную взаимосвязь и предсказать ожидаемое значение при помощи уравнения регрессии. Основные допущения регрессионного анализа: количество наблюдений достаточно для выявления статистических закономерностей; исследуемые переменные должны измеряться непрерывно; в данных не должно быть значительных выбросов; дисперсия случайной ошибки должна иметь нормальное распределение. Стоит

отметить, что регрессионный анализ используется для исследования только количественных зависимостей между переменными;

- Сравнение средних – используется, когда в ходе наблюдения в выборках получаются разные значения среднего какого-либо показателя. Метод помогает объяснить вызваны ли такие различия случайными ошибками или неслучайными. В случаях, когда сравнивают значения двух средних, то можно применить критерий Стьюдента (t-критерий). Если количество средних не больше двух, то используют однофакторный дисперсионный анализ;
- Дисперсионный анализ – используется для выявления влияния одной или нескольких качественных переменных на одну зависимую количественную переменную. Дисперсионный анализ исследует значимость различия между средними показателями количественной переменной при помощи сравнения дисперсий. Основная идея анализа – расчленение общей дисперсии исследуемого параметра на отдельные группы, обусловленные влиянием конкретных факторов, и проверка гипотез о значимости влияния этих факторов на этот параметр;
- Планирование экспериментов – процесс проведения минимального количества испытаний с максимальной статистической достоверностью полученных результатов, применения методов математической статистики для обработки результатов и построения математической модели эксперимента. Основная идея данного метода – определение максимального количества данных о влиянии исследуемых переменных на производственный процесс с наименьшим числом дорогостоящих наблюдений;
- Контрольные карты – позволяют 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;³

- Расслоение/стратификация данных – помогает выявить источники появления бракованной продукции или отклонения процесса, если обнаруживается разница в данных между «слоями»;
- другие.

Кроме перечисленных классических методов, благодаря техническому прогрессу начинают появляться новые более быстрые и более точные методы, которые предполагают обязательное использование компьютера для обработки и проведения анализа. К таким методам можно отнести:

- Искусственные нейронные сети – чрезвычайно точный и быстрый метод моделирования технологического процесса, который способен проводить сложные нелинейные зависимости при большом числе переменных.⁴ Использование данного метода предполагает, что в условиях больших объемов каждой партии необходимо проводить анализ качества крайне быстро не теряя точности. Кроме того, необходимо также быстро и точно предупреждать выпуск брака. Искусственная нейронная сеть представляет собой структуру, которая содержит простые элементы – искусственные нейроны, которые соединяются друг с другом связями и способны совместно решать сложные задачи. Такие искусственные нейронные сети позволяют с высокой точностью аппроксимировать произвольную непрерывную функцию, что увеличивает уровень доверия к прогнозу. Но нельзя просто взять какую-либо существующую искусственную нейронную сеть и использовать для своего процесса, в начале необходимо выбрать тип или другими словами архитектуру (от выбранного типа зависит количество слоев сети и количество нейронов в каждом слое), потом для выбранной нейронной сети провести обучение, целью которого является подбор значений весов факторов. В процессе обучения величина ошибки постепенно уменьшается. Обучение останавливается, когда значение ошибки достигает нуля или приемлемого уровня. И только после этого данную нейронную сеть можно будет использовать для анализа и прогнозирования качества.

³ Статистические методы управления качеством: [сайт] – URL: <http://www.metrologie.ru/qualitymanagement-stat1.htm> (дата обращения 14.11.19). – Режим доступа: свободный

⁴ Пантюхин О. В., Лялин В. М., Тарасова Н. А. Управление качеством изделий массового производства с применением теории нейронных сетей //Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – №. 2.

- Искусственный интеллект – название не какого-то отдельного алгоритма, но скорее группы методов, которыми пользуются для решения различного рода задач. Алгоритмы, которые используют подходы с обучением, являются лишь одной из подгрупп всего того множества алгоритмов, что принято называть искусственным интеллектом.⁵ Искусственный интеллект может не только выполнять поставленные ему задачи, но и приобретать новые навыки благодаря глубокому машинному обучению. В отличие от предыдущего метода, когда всю необходимую информацию загружают в систему заранее, алгоритмы машинного обучения заставляют систему развиваться самостоятельно, изучая доступную информацию, которую, к тому же, машина в некоторых случаях тоже может искать самостоятельно. В России уже существуют примеры внедрения искусственного интеллекта, что подтверждает актуальность этой технологии, но пока это только единичные случаи. Основными заказчиками являются крупные добывающие и перерабатывающие предприятия.

Также стоит отметить, что современные технологии позволяют перевести систему менеджмента качества в автоматизированный режим. Этого можно достигнуть несколькими путями, в зависимости от того, что конкретно переводится на режим автоматизации.

Весь процесс автоматизации системы анализа качества можно разделить на три основных направления. В каждом случае есть определенная зависимость от степени интеграции системы контроля качества в компании. Таким образом, процесс автоматизации разделяется на:

- горизонтальное направление автоматизации (по процессам) – ориентация автоматизации на производственные процессы, то есть обеспечение постоянного уровня производительности и эффективности этих процессов;
- функциональное направление автоматизации (между подсистемами) – ориентация автоматизации на подсистемы управления (закупки, планирование, документооборот и др.), то есть обеспечить достоверность, надежность и полноту передачи данных;
- вертикальное направление автоматизации (иерархические уровни управления) – ориентация автоматизации на иерархические уровни, то есть обеспечение

⁵ Как работают искусственный интеллект, машинное и глубокое обучение: [сайт] – URL: <https://www.rbc.ru/trends/industry/5e845cec9a794747bf03e2c9> (дата обращения 25.12.19). – Режим доступа: свободный

стабильного взаимодействия управляющих элементов (управленческие решения, информация и др.).

При разных направлениях и объектах автоматизации системы менеджмента качества, необходимо применять разные методы. Комплексная автоматизация возможна только за счет интеграции нескольких систем.

Чаще всего при автоматизации системы менеджмента качества следуют функциональному направлению из-за того, что оно является наиболее понятным для персонала компании и специалистов по качеству. Средства автоматизации реализуют часть функций системы качества, связанных с обработкой и передачей информации и данных.

К таким средствам относятся:

- CRM системы. Они автоматизируют передачу и обработку информации, связанной с потребителями и внешними сторонами. За счет этих программных средств возможно реализовать только часть требований системы качества. Применение CRM в СМК имеет много ограничений;
- ERP системы. Автоматизируют элементы системы качества, связанные с производственными процессами: управление производством, закупками, сбытом, обслуживанием и т.п. Исполнение процессов не автоматизируется. Эти системы только обрабатывают и передают информацию о процессах;
- системы документооборота. Дают возможность автоматизировать управление документацией и данными. Информация поступает из других подсистем (ERP системы, CRM системы) или вводится вручную;
- специализированные системы СМК. Создаются специально для автоматизации элементов системы качества, но их возможности ограничены. В большинстве случаев они позволяют управлять частью информации по отдельным вопросам системы качества: аудитам СМК, документацией, планами работ.

Для автоматизации исполнения процессов применяют другие системы и комплексы:

- автоматизированные линии и оборудование. Это производственные комплексы или роботизированные линии, которые способны выполнять производственные операции по заданной программе. Они применяются для автоматизации производственных и измерительных процессов и относятся к нижнему уровню автоматизации;

- CAD\CAM системы. Применяются для автоматизации процессов проектирования. Они построены на основе CALS - технологий и позволяют в автоматическом режиме выполнять различные этапы проектных разработок;
- BPMS системы. Этот вид систем автоматизации можно отнести к процессным. Они предназначены для автоматизации бизнес-процессов. В полной мере выполнять бизнес-процессы в автоматическом режиме данные системы не могут, но они позволяют автоматизировать значительную часть управленческих операций;
- CASE средства. Предназначены для проектирования процессов. С помощью этих систем можно автоматизировать значительную часть операций по разработке порядка и условий выполнения процессов.

Вертикальное направление автоматизации CMK может быть реализовано за счет:

- OLAP систем. Они автоматизируют анализ и обработку данных на разных уровнях управления. Для работы системы необходимо обеспечить сбор данных, т.к. OLAP системы могут только обрабатывать информацию;
- систем планирования. Эти системы обеспечивают постановку целей и задач, контроль их исполнения, эскалацию задач и мониторинг достижения целей.⁶

Чтобы осуществить комплексную автоматизацию системы менеджмента качества проводится интеграция различных систем. Выбор их состава определяется действующими процессами и потребностями организации. Необходимо всегда помнить, что невозможно провести полную автоматизацию системы качества за счет применения только одной системы.

1.2 Основные методы статистического анализа процессов

Существует много различных статистических методов, которые в чем-то схожи друг с другом, а в чем-то различаются. У каждого есть свои плюсы и минусы, но все же, на практике применяются далеко не все.

Одним из часто используемых и эффективных методов является «контрольная карта», который отражает динамику изменения контролируемого показателя во времени. На сегодняшний момент, в сфере производства и оказания услуг все чаще и глубже внедряются системы менеджмента качества, основанные на стандартах серии ИСО-9000. В этих стандартах отражены требования системы Всеобщего Управления Качеством (TQM), одним

⁶ Автоматизация CMK: [сайт] – URL: https://www.kpms.ru/QMS_automation.htm (дата обращения 17.11.19). – Режим доступа: свободный

из которых является смена внимания с продукта производства на связанные процессы с этим производством.

При помощи контрольных карт можно оценить стабильность процесса. Контрольные карты – это графическое средство, использующее статистические подходы. Суть метода сводится к анализу вариабельности процесса и сведения к минимуму влияния изменчивости параметров того или иного процесса. Хронология развития контрольных карт, в которой представлены основные события, представлена на рисунке 2.

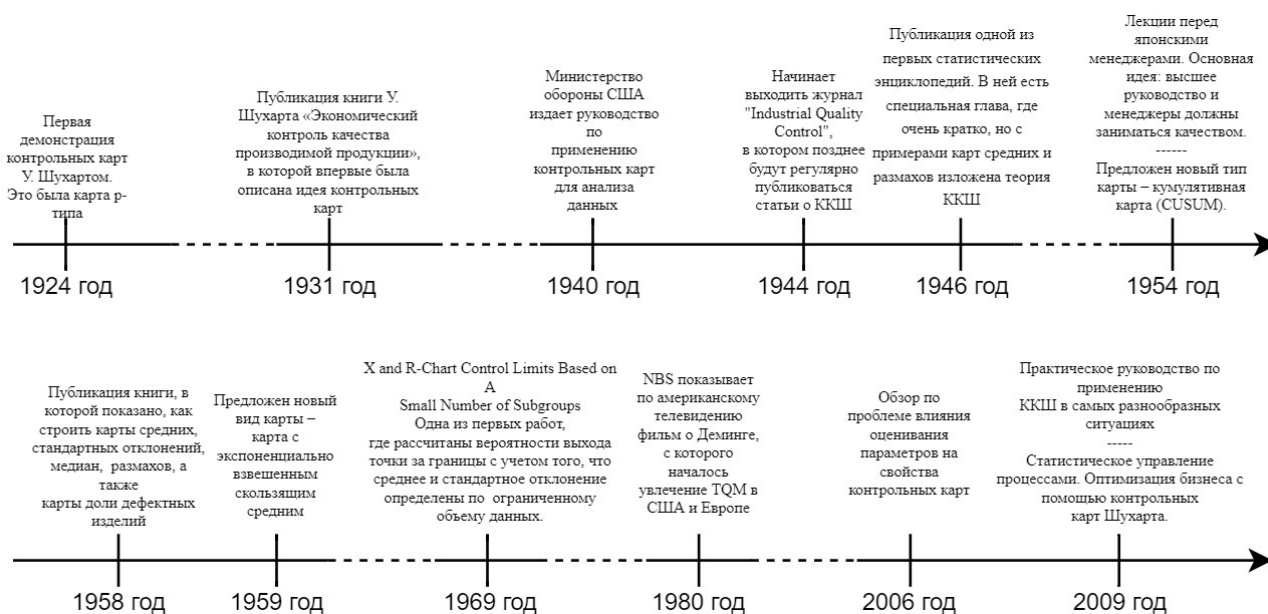


Рисунок 2. Хронология развития контрольных карт в виде временной оси

Источник: составлено автором

Теория контрольных карт различает два вида отклонений:

- К первому виду относят отклонения из-за «случайных причин», обусловленные бесконечным количеством различных причин, присутствующих постоянно, которые сложно или даже невозможно обозначить. Каждая такая причина оказывает небольшой эффект на общее отклонение, но ни одна из них не значима сама по себе. Но все же, общий эффект этих причин может быть измерим, и он присущ процессу. Чтобы исключить или уменьшить эффект от таких случайных причин, потребуется провести управленческие решения, а также выделить ресурсы на улучшение процесса.
- Ко второму виду отклонений относятся реальные факторы в процессе. Такие факторы являются выявляемыми и рассматриваются как «неслучайные» или «особые» причины отклонений. Например, к таким факторам можно отнести:

поломка оборудования/инструмента, недостаточная квалификация персонала, несоблюдение инструкции и так далее.

К основной задаче контрольных карт, как уже было сказано ранее, можно отнести – обнаружение неестественных изменений данных, которые состоят из повторяющихся процессов, а также дать критерии для обнаружения отсутствия статистической управляемости. Статистическая управляемость – производственный процесс, изменчивость которого вызвана только случайными факторами.

Используя метод контрольных карт можно определить, действительно ли производство достигло статистически управляемого состояния, а также поддерживать управление и высокий уровень однородности основных параметров продуктов или услуг при помощи непрерывающейся записи данных о уровне качества этих же продуктов или услуг в процессе производства. Таким образом, использование карт ведет к более осознанному пониманию и совершенствованию процессов на производстве.

Этот метод требует информации, которую можно получить при помощи сплошного или выборочного наблюдения за процессом производства. Чаще всего используется выборочное. Обычно данные проверки проводятся с фиксированным интервалом времени (например, каждые 3 часа), либо с фиксированным интервалом продукции (например, после каждой второй партии). Для каждой группы, попавшей на проверку, определяют один или несколько параметров, например, среднее арифметическое группы, размах группы, выборочное стандартное отклонение. Далее для этих параметров выставляются верхние и нижние контрольные границы, выход за пределы которых подразумевает отклонение.

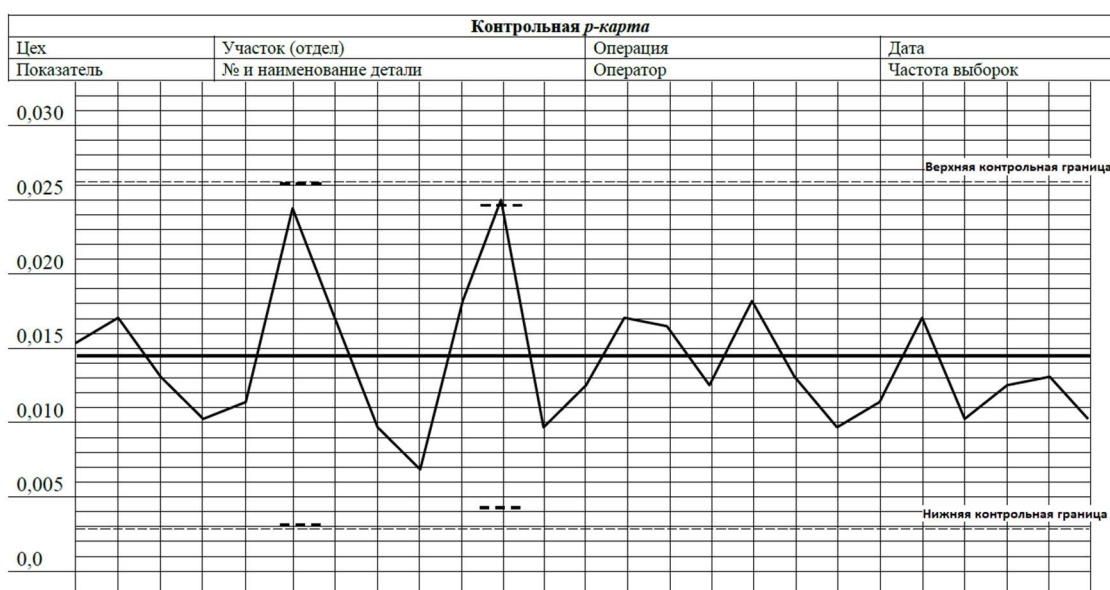


Рисунок 3. Вид стандартной контрольной p-карты

Источник: Быков Ю. М., Быков С. Ю. SPC. Статистическое управление процессами. – 2017. – С. 49

Верхняя и нижняя контрольные границы на карте находятся на определенном расстоянии, обычно это 3σ от центральной линии, что означает, что примерно 99,7% значений параметра характеристики групп будут в пределах этих границ, но при условии, что производство находится в состоянии статистического управления. Из этого следует, что вероятность того, что выход за предел какой-либо из границ является случайным событием считается действительно небольшой, поэтому пересечение контрольных границ следует воспринимать как неслучайное отклонение и немедленно предпринимать определённые действия для его решения. Иногда, такие контрольные границы называют «границы действий».

Кроме того, возможен вариант контрольных карт, в котором кроме основных границ так же проведены границы с меньшим расстоянием от центральной линии, которые являются предостерегающими. Такие границы называют «предупреждающими».

Как и у любого метода, у стандартных контрольных карт существуют ошибки различного вида, которые можно обобщить в две основные группы: ошибки первого рода и ошибки второго рода.

К ошибкам первого рода можно отнести такие ситуации, когда производство находится в состоянии статистического управления, но по каким-либо случайным причинам показатель выпадает за контрольную границу. В результате этого руководители принимают решение, что производство вышло из состояния статистической управляемости, не удостоверившись, что отклонение может быть случайным, и начинают осуществлять попытки, чтобы выявить и устранить причину несуществующей проблемы.

Ошибка второго рода относится к моменту, когда наоборот, производство не находится в состоянии статистического управления, но показатели каким-то непонятным образом оказываются внутри контрольных границ. В таком случае руководители делают неправильный вывод, что процесс статистически управляем и теряют шанс предугадать увеличение выпуска продукции несоответствующей стандартам.

Ситуации, когда значение показателя пересекает одну из контрольных границ или же серия нескольких значений показывает нестандартные структуры, состояние статистической управляемости ставится под сомнение. В таких случаях, можно будет сказать, что процесс находится под статистическим контролем только тогда, когда удалось устранить или

минимизировать особые причины вариаций. Обнаружение возникновения этих особых причин осуществляется контрольной диаграммой. Она позволяет сначала обнаружить, а затем предсказать поведение, когда процесс находится под контролем.⁷

В случае возникновения ошибки первого рода в результате исследования не будет обнаружено никого фактора. Тогда считают, что отклонение значения показателя за пределы контрольных границ является случайным явлением и при этом производственный процесс находится в статистическом управлении.

Часто возникают проблемы в то время, когда контрольную карту производственного процесса создают впервые. Основная проблема состоит в том, что, как правило, часто оказывается, что процесс является статистически неуправляем. Все из-за того, что контрольные границы, полученные на основе данных такого процесса, могут оказаться слишком большими и, следовательно, приводить к неправильным выводам. Поэтому, перед тем, как устанавливать постоянные параметры контрольных карт Шухарта, необходимо сделать процесс статистически управляемым.

Контрольные карты можно разделить на два типа: для альтернативных данных и для количественных данных. То есть, в случае, когда необходимо выявлять фактические значения параметра, используются количественные контрольные карты. В противоположной ситуации, когда необходимо только выявить, соответствует ли значение определенным требованиям или нет, используются альтернативные контрольные карты.

При использовании контрольных карт по альтернативному признаку для анализа процесса, существует несколько преимуществ. В первую очередь, основное преимущество состоит в возможности, не затрачивая много времени, получить общую картину о различных аспектах процесса, который подвержен анализу. Таким образом, работник может сразу принять или забраковать продукцию. Кроме того, подобные контрольные карты иногда позволяют минимизировать затраты на качество и количество времени, так как позволяют обойтись без применения дорогих точных приборов и продолжительных измерительных процедур. А самое главное – контрольные карты по альтернативному признаку более понятны менеджерам, которые не разбираются во всех аспектах контроля уровня качества. То есть, с помощью такого типа карт можно убедительнее продемонстрировать руководству наличие проблем с качеством изделий.

⁷ Rodríguez-Borbón M. I., Rodríguez-Medina M. A. Statistical Process Control //Lean Manufacturing in the Developing World. – Springer, Cham, 2014. – С. 47-63.

У контрольных карт для количественных данных тоже есть несколько своих преимуществ. Такие типы контрольных карт обладают большей чувствительностью, чем предыдущие. Из-за этого, количественные контрольные карты могут указать на существование проблемы снижения уровня качества, прежде чем в процессе действительно появится брак, который позднее обнаружится при помощи карт по альтернативному признаку. Другими словами, контрольные карты для количественных данных являются основными индикаторами снижения качества, которые предупреждают об этих отклонениях задолго до того, как в производственном процессе стремительно увеличивается процент забракованных изделий.

Классификация контрольных карт представлена в следующей диаграмме:

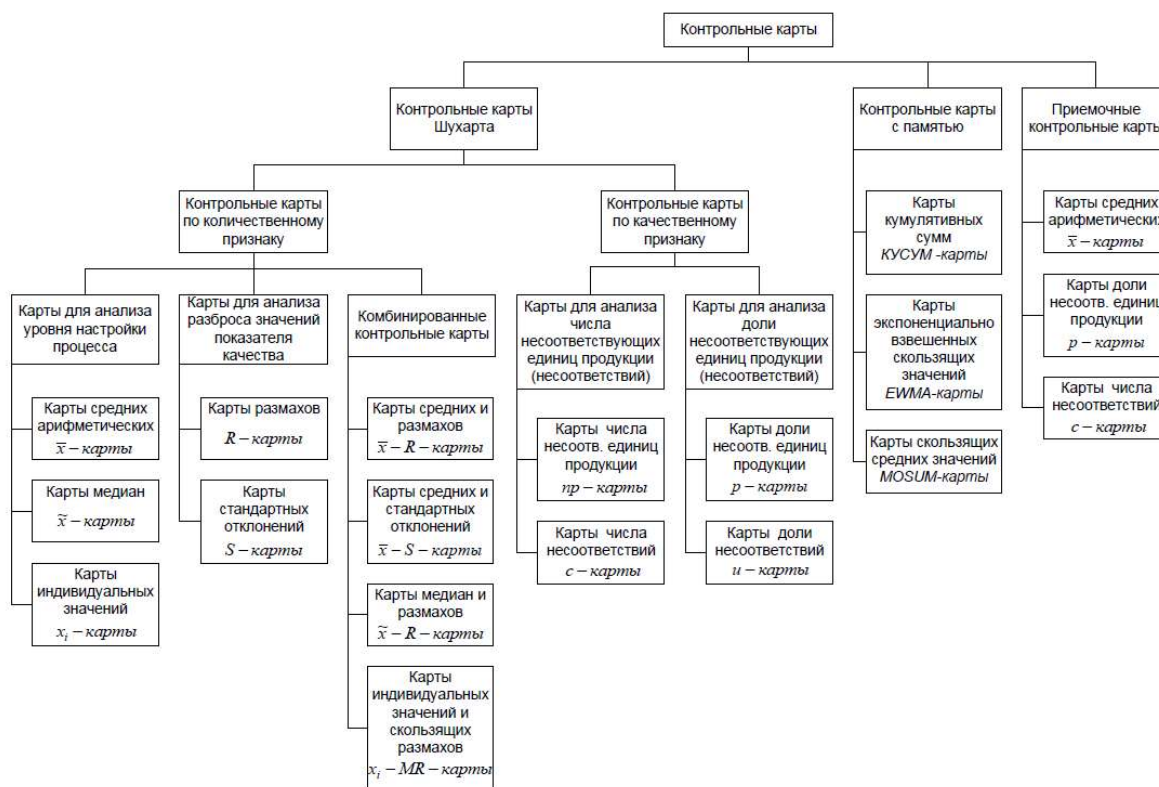


Рисунок 4. Классификация контрольных карт

Источник: Быков Ю. М., Быков С. Ю. SPC. Статистическое управление процессами. – 2017. – С. 49

Для каждой такой контрольной карты существует две ситуации:

1. Стандартные значения заданы
2. Стандартные значения не заданы

Контрольные карты во втором случае используются для поиска отклонений значений параметров, например, среднее арифметическое, размах или любой другой статистический

показатель, которые случились по иным причинам, не связанными со случайными событиями. Такие контрольные карты базируются на информации самих выборок и используются для обнаружения различия значений признаков, которые обусловлены неслучайными или особыми причинами.

Контрольные карты, относящиеся к первой ситуации – с заданными стандартными значениями необходимы для решения гипотезы - имеют ли больше отличий наблюдаемые значения среднего арифметического, размаха и других для нескольких групп, с равным количеством наблюдений, от соответствующих заданных стандартных значений, чем это может быть при условии, что влияние оказывают только случайные факторы.

Если случается такая ситуация, что были сделаны выборки с неодинаковым объемом, то контрольные границы на контрольной карте графика не могут быть изображены прямыми линиями и их интерпретация будет затруднительной. Существует три способа, с помощью которых можно справиться с этой проблемой:

1. Средние объемы выборок. Необходимо найти среднее значение объема выборки по всем полученным выборкам и установить контрольные границы на основе полученного среднего объема. Применяется в ситуации, когда есть необходимость сделать контрольные границы в виде прямых линий, например, чтобы облегчить чтение графика. Такой метод нельзя назвать точным. Но все же, если размеры выборок имеют небольшие отличия, данный метод можно будет применить.
2. Переменные контрольные пределы. Для каждой выборки определяются контрольные границы отдельно, исходя из ее объема. Итогом такого метода получится график со ступенчатой линией. Этот способ позволяет получить точные контрольные границы для каждой из выборок, однако при этом теряется легкость прочтения и наглядность контрольных границ.
3. Стабилизированная (нормализованная) карта. Считается наилучшим вариантом, который позволяет изобразить контрольные границы в виде прямых линий, при этом не теряя точности. Данный метод основан на стандартизации контролируемой численной характеристики, например, среднего значения, доли и другие, согласно единицам сигмы. Недостатком данного метода является то, что по вертикальной оси контрольной карты (оси Y) значения выражены в единицах сигма, а не в первоначальных измерениях. Для перевода значений на полученном графике в

первоначальные единицы измерения необходимо произвести некоторые вычисления.

Описанные выше контрольные карты используются при контроле независимых параметров изучаемых процессов на различных производствах. Но в ситуациях, когда таких параметров становится несколько, применение карт Шухарта становится проблематичным. Для технологичных процессов, которые требуют контроля большого числа параметров, являющихся коррелированными, применяют контрольные карты Хотеллинга или многомерные карты экспоненциально взвешенных скользящих средних.⁸

Кроме того, стоит отметить, парочку хорошо известных и анализируемых признаков качества процессов на предприятии: индекс воспроизводимости и индекс пригодности производственного процесса.

Индексы воспроизводимости и пригодности процесса используются как дополнение к методу контрольных карт. Они служат заключительным этапом для того, чтобы охарактеризовать состояние процесса. Эти индексы, характеризующие возможности процессов, выбирают в зависимости от результатов оценки стабильности процесса.

Для статистически управляемого процесса используют следующий индекс воспроизводимости:

$$C_p = \frac{U - L}{6\sigma_{\text{проц}}} \quad 9$$

где U – верхняя контрольная граница;

L – нижняя контрольная граница;

$\sigma_{\text{проц}}$ – стандартное отклонение всего процесса.

Индекс пригодности процесса, в отличие от предыдущего, может быть использован в состоянии статистической неуправляемости, и выглядит он следующим образом:

⁸ Дубравицкая В.В. и др. Контрольные карты Хотеллинга//Иновационные технологии в промышленности и информатике – 2019 – С. 410

⁹ Montgomery, Douglas, C. Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition / Elm Street Publishing Services, 2009

$$P_p = \frac{U - L}{6\sigma_{\text{выб}}} \quad 10$$

где U – верхняя контрольная граница;

L – нижняя контрольная граница;

$\sigma_{\text{выб}}$ – стандартное отклонение выборки.

Индексы C_p и P_p характеризуют соотношение величины поля допуска и разброса значений показателя качества, то есть потенциальную возможность процесса. Эти индексы определяют минимально возможный уровень несоответствий, если уровень настройки процесса будет стабилен, и будет соответствовать середине поля допуска. Они нечувствительны к смещению уровня настройки процесса.

В общем, данные индексы считаются полезными в анализе качества процессов, так как позволяют удостовериться в том, что изменчивость отдельных параметров процессов соответствует принятым нормам для всех процессов.

Кроме того, процесс анализа качества процесса при помощи контрольных карт может быть представлен следующим образом:

¹⁰ Montgomery, Douglas, C. Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition / Elm Street Publishing Services, 2009

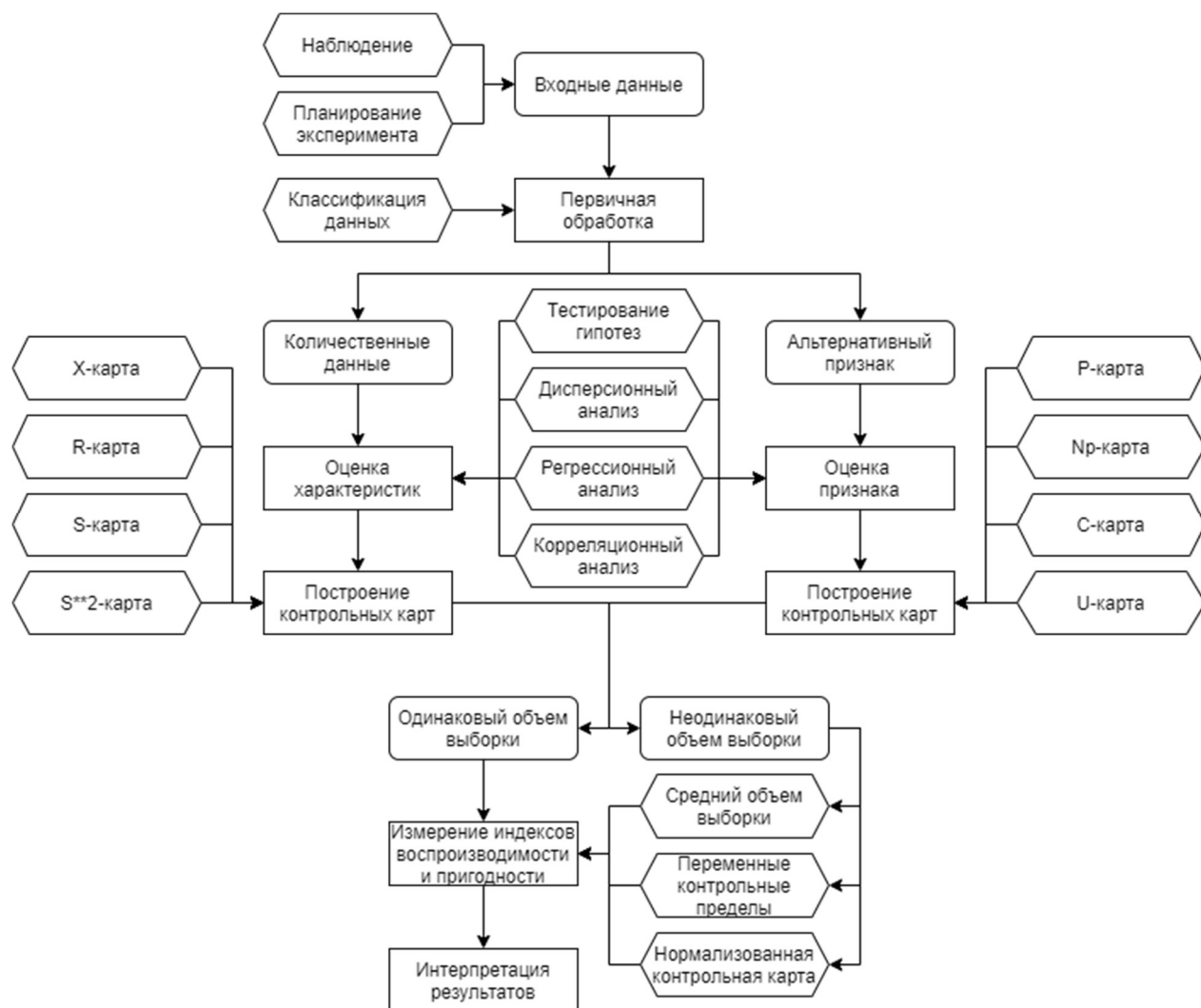


Рисунок 5. Процесс интеграции статистического метода «Контрольные карты»

Источник: составлено автором

Первый этап анализа качества процессов на предприятии – сбор информации. Основным методом является наблюдение. Обычно, с целью облегчения данного метода производится не тотальное наблюдение, а выборочное, результаты которого можно экстраполировать на процесс в целом.

Также данные можно получить при параллельном применении метода «Планирование эксперимента». Данный метод, как говорилось ранее, определенное время был одним из наиболее популярных. Его целью является оптимальная настройка оборудования на производстве, то есть достичь таких его параметров, при которых вероятность возникновения некачественной продукции минимальна. Суть метода заключается в проведении некоторого количества экспериментов с разной настройкой параметров, результаты которых потом используются для нахождения оптимальности. Но так как проведение таких экспериментов

является дорогостоящим, то их количество при помощи определенных методик сводится к минимуму.

После получения некоторых данных о процессе, необходимо провести их первичную обработку. Цель такой обработки состоит в том, чтобы распознать полученные на предыдущем этапе данные, провести их классификацию. Как представлено на рисунке 5, данные можно классифицировать по признаку (количественный или альтернативный), в котором выражены измеряемые факторы. Данная классификация приводится для того, чтобы в дальнейшем можно было применить метод «Контрольные карты».

После первичной обработки следует воспользоваться несколькими методами анализа, чтобы выяснить, действительно ли изучаемые факторы имеют некоторое влияние на качество процесса, а также в какой степени они оказывают это влияние и нет ли среди них ошибок. Для описанного анализа применяются такие методы, как дисперсионный, корреляционный, регрессионный, в основе которых лежит тестирование гипотез. Кроме того, метод «Тестирование гипотез» может применяться отдельно от перечисленных методов.

Как только факторы проходят процедуру оценки и отсеиваются ненужные, строятся «Контрольные карты». Существует несколько видов контрольных карт, которые применяются в зависимости от того, что используется в качестве характеристики или признака качества процесса. Возможно применение сразу нескольких видов контрольных карт.

Если на первом этапе, при сборе данных, не удалось получить выборки с одинаковой размерностью, то контрольные границы на картах будут криволинейными, что усложнит интерпретацию. В таком случае можно применить один из трех методов, описанных ранее:

1. Средний объем выборки;
2. Переменные контрольные пределы;
3. Нормализованная контрольная карта.

Если же случилось, что на производстве возник брак, необходимо незамедлительно провести идентификацию главных факторов, которые привели к этому. Для такого анализа используют диаграмму Парето. Ее построение помогает обнаружить основные однородные факторы, которые влияют на качество производимой продукции или услуг. Важное преимущество диаграммы состоит в том, что с ее помощью из огромного количества факторов можно довольно несложно и наглядно выделить ту часть факторов, которые оказывают непосредственно влияние на качество.

В процессе оказания услуг или производства продукции невозможно всегда на выходе получать однородную продукцию из-за того, что значения характеристик готовой продукции постоянно колеблются в некотором пределе. Такие колебания возникают вследствие комплекса случайных и/или систематических причин, о которых уже говорилось ранее, которые в свою очередь определяют погрешность технологического процесса. И чтобы проранжировать по степени важности эти причины отклонений используется диаграмма Парето.

Диаграмма Парето – это упорядоченная нисходящая гистограмма, отображающая виды производственных дефектов, а также частоту их возникновения.¹¹ Данная диаграмма является графическим отображением правила Парето: 80% брака изделий вызвано 20% всех причин.

Закон Парето или принцип Парето – это эмпирическое правило, выявленное в 1897 году и названное в честь итальянского социолога и экономиста Вильфредо Парето. Формулируется правило как «20% усилий дают 80% результата».¹² Данное правило позволяет обнаружить множество полезных идей в результате анализа.

Диаграммы Парето можно классифицировать по результатам деятельности предприятия и по причинам возникновения проблем на этом предприятии, то есть брака. Чтобы выявить наиболее значимые и существенные для производственного процесса факторы, необходимо рассматривать классификацию по причинам возникновения проблем, которые возникают в ходе производства:

- оборудование;
- сырье;
- рабочая среда, то есть условия работы, последовательность операций и так далее;
- рабочий, например, смена, возраст, квалификация и так далее;
- измерение, то есть точность, стабильность, тип измерительного прибора и так далее.

Все данные факторы оказывают некоторое влияние на уровень качество выпускаемой продукции или услуг, но в разной степени и проявляются по-разному, например, царапины, изгибы, неправильные габариты и другие.

¹¹ Яндыганова Л. В. Применение диаграммы Парето для выявления причин возникновения производственных дефектов (на примере ООО «Марийский НПЗ») // Качество в производственных и социально-экономических системах сборник научных трудов 7-й Международной научно-технической конференции. – 2019. – С. 202-206.

¹² Калинин В. С. и др. Анализ экономических данных с помощью диаграмм Парето//Наука сегодня: проблемы и перспективы развития – 2016. – С. 46.

Говоря о классификации по результатам деятельности, ее можно разбить на несколько пунктов:

- связанные с качеством;
- связанные с себестоимостью;
- связанные со сроками поставок;
- связанные с безопасностью.

При проведении анализа при помощи диаграмм Парето, в первую очередь собирают информацию о всевозможных проблемах, которые возникают в процессе производства. Затем строится диаграмма, благодаря которой можно выделить наиболее значимые дефекты. Затем, на основе всей информации, полученной при построении диаграммы, разрабатывается план действий, направленный на повышение уровня качества производственного процесса на предприятии.

Кроме того, существует программа для автоматизации построения диаграмм Парето. Данный программный продукт позволяет на основе загруженной информации вычислять и строить диаграмму Парето с кривой накопленного дефекта. Преимуществом программы является возможность загрузки данных из текстового документа, что позволяет создать базу данных для анализа, а также для оперативной оценки уровня качества.

Традиционная диаграмма Парето, описанная ранее, помимо сказанных преимуществ, также имеет несколько недостатков. Например, она не учитывает фактор времени, при сборе и иллюстрации данных. В 3D-диаграмме, представленной Левинсоном В.А., это фактор учитывается при помощи отображения диаграммы в трех измерениях.

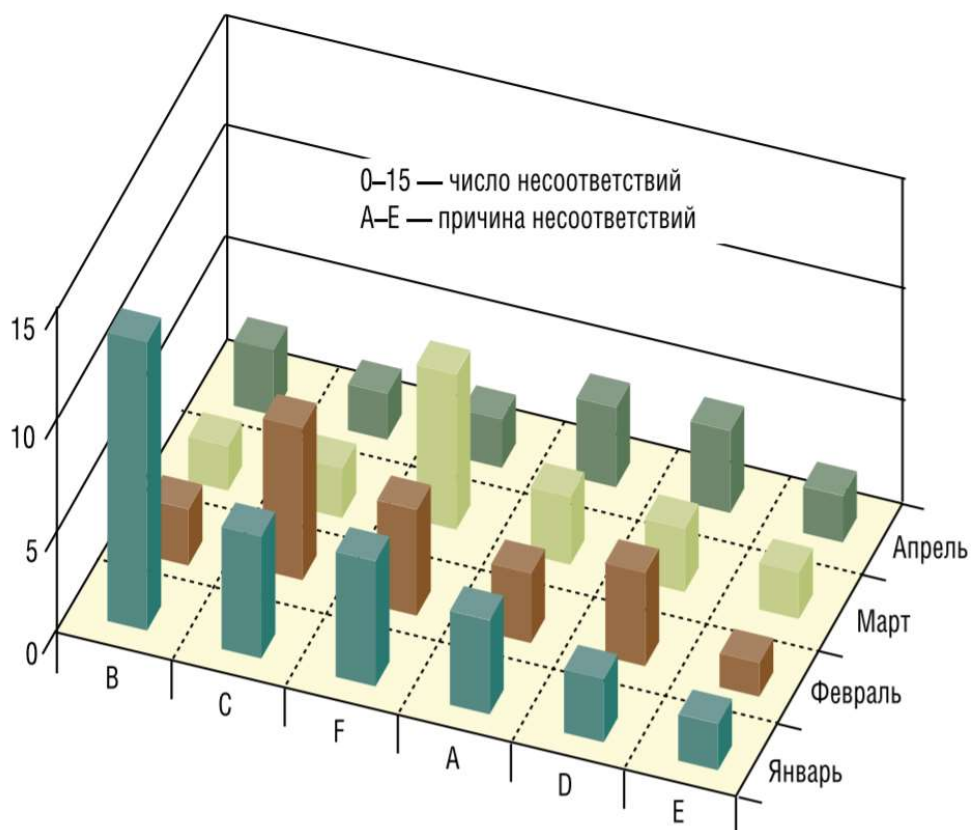


Рисунок 6. 3D-диаграмма Парето

Источник: Levinson W. A. The 3-D Pareto Chart. A better graph to improve visualization and error response // Quality Progress. – 2016.

При помощи данной диаграммы можно проводить исследование не только по факторам, влияющим на производственный процесс, но и наблюдать эффект от решений, направленных на корректировку производства с целью увеличения уровня качества. На рисунке 6 проиллюстрирован пример такой 3D-диаграммы с шестью факторами за четыре месяца.

Основной недостаток такого построения диаграммы – отсутствие возможности изменить порядок факторов по значимости в каждом периоде, так как нарушиться восприятие. Но тем не менее, принцип Парето все равно будет соблюдаться. Благодаря 3D-диаграмме руководители сразу смогут заметить результат от проведения корректирующих мероприятий, которые были проведены.

В общем, схема применения статистических методов для контроля качества схожа для большинства методов. В начале необходимо собрать данные, потом обработать и сегментировать их, затем оценить и проанализировать. Различия заключаются в том, какие данные необходимо изначально собрать, а также в том, какие методы использовать для анализа.

1.3 Системное применение статистических методов в методологии «Шесть сигм»

Начало работ в направлении создания методологии «Шесть сигм» («Six Sigma») было положено решением президента компании Motorola Б. Гелвина в 1981 году достичь десятикратного повышения производительности в течении пяти лет. В процессе поиска путей решения этой задачи инженер Б. Смит установил, что, если продукт отбраковывался и исправлялся в производстве, вероятность его безотказной работы у потребителя резко снижалась из-за скрытых дефектов. Было принято решение существенно ограничить вариабельность производственных процессов и изменить их настройку. Предложены методы оценки доходности инвестиций в реализацию этих ограничений и улучшения потребительских свойств продукции. Разработаны методы реализации ограничений, в том числе подготовка и использование специалистов при работе над проектом по совершенствованию работы компании. Авторство Motorola в создании и использовании концепции «Шесть сигм» подтверждается тем, что этот термин зарегистрирован в качестве торговой марки этой фирмы.¹³

При участии и финансовой поддержке таких известных фирм, как IBM, Texas Instruments, Defense Group, Digital Electronics и др., компанией Motorola был создан исследовательский институт, который начал разработку стратегии внедрения методологии «Шесть сигм», распространение руководств по использованию и внедрению инструментальных средств на предприятиях. В середине 1990-х годов была создана академия «Шесть сигм» для подготовки специалистов в этой области.¹⁴

Если ранее описанные методы являлись только программами обеспечения качества, то методология «Шесть сигм» относится скорее к выработке стратегии предприятия. В основу методологии заложен процессный подход.

Главные принципы методологии «Шесть сигм»:

1. Клиентоориентированность. Данный принцип реализуется через повышение уровня удовлетворения потребителя;
2. Принятие управленческих решений основываясь на фактах. Производственные процессы анализируют, собирают информацию об интересующих параметрах для получения фактических данных;

¹³ Методология «Six Sigma»: [сайт] – URL: <http://econom-lib.ru/3-54.php> (дата обращения 02.11.19). – Режим доступа: свободный

¹⁴ Методология «Six Sigma»: [сайт] – URL: <http://econom-lib.ru/3-54.php> (дата обращения 02.11.19). – Режим доступа: свободный

3. Сотрудничество. Необходимо четкое разделение обязанностей и ответственности между персоналом, чтобы избежать ненужных разногласий и конкуренции между ними и увеличить качество отношений внутри коллектива;
4. Постоянное улучшение процессов;
5. Проактивное управление. То есть превентивный поиск возможных отклонений и их причин.

Метод шесть сигм – современный подход к улучшению уровня качества производственных процессов предприятия, являющийся последовательным развитием метода Всеобщего управления качеством. Подход нацелен на решение следующих задач:

1. Увеличение удовлетворенности потребителей;
2. Уменьшение времени производственных циклов;
3. Сокращение количества бракованных изделий.

Идея метода заключается в том, чтобы собрать данные по возникшим отклонениям для того чтобы их можно было улучшить, а диапазоны отклонений – сократить. Говоря о других системах контроля качества, которые только запрещали использовать дефектную продукцию, метод Шесть сигм предполагает исключение причин возникновения создания брака и стабилизации технологических настроек процесса, которые приведут к почти полному отсутствию дефектов, при этом не возникает необходимость в сложной системе контроля.

Последовательное и постепенное внедрение технологии «Шесть сигм» в корпоративную и технологическую культуру компании создает среду для постоянного и уверенного развития. Данная модель ориентирована на постоянное улучшение качества процессов, включающих пять взаимосвязанных этапов Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC).



Рисунок 7. Содержание процесса внедрения метода шесть сигм

Источник: составлено автором

На этапе «определение» происходит анализ производственных данных для определения ключевых характеристик, которые непосредственно влияют на качество и эффективность продукта.

Уже на следующем этапе – измерение, необходимо собрать все данные о текущем состоянии системы для выявления участков, требующих наибольшего внимания. Также в процессе реализации данного метода часто используют контрольные диаграммы чтобы выяснить, находится ли процесс в состоянии статистического контроля или нет.

Во время проведения этапа «анализ» собранные данные исследуются с использованием методов статистического контроля процессов и определяются приоритеты причин отклонений и их влияние на изучаемые процессы.

На этапе «совершенствования», исходя из результатов предыдущего этапа, происходит модернизация процесса производства. Но не стоит сразу применять усовершенствование на всем производстве, необходимо испытать его на одной или нескольких партиях, чтобы выявить эффективность.

На этапе «контроля» происходит окончательная проверка предложенного решения, обучение персонала по использованию усовершенствованного процесса, если это необходимо, и установка контрольной карты для непрерывного наблюдения за новым процессом производства.

Также стоит отметить, что методологию «Шесть сигм» можно применить и к непроизводственным процессам. Так, например, в США ее внедрили в некоторые правительственные ведомства, чтобы улучшить качество государственных услуг, в том числе и в Министерстве обороны для поддержания в рабочем состоянии и обслуживания техники и вооружения.

При реализации данного метода, чтобы оценить характеристики функционирования процесса, в основном используют три показателя: доля возвратов продукции; количество отчетов о проблемах; время поставки. Кроме этого, некоторые авторы выделяют дополнительно суммарные затраты на низкое качество.

Руководство компаний, в которых интегрирована методология «Шесть сигм», должно понимать, что его первостепенной задачей будет поддержка и содействие любым усилиям, направленным на улучшение производственных процессов и продукции. Кроме того, необходимо будет внедрить в сознание своих сотрудников, что такое совершенствование

является неотъемлемой составной частью их ежедневных задач, обеспечить надлежащую подготовку и обучение специалистов всех уровней, развернуть своеобразное соревнование между сотрудниками за повышение качества. Решению последней задачи может содействовать учреждение почетных званий «чемпионов» и обладателей «черного пояса» в овладении методологией «Шесть сигм». Более подробный перечень ранжирования персонала, участвующего в проекте внедрения выглядит следующим образом:

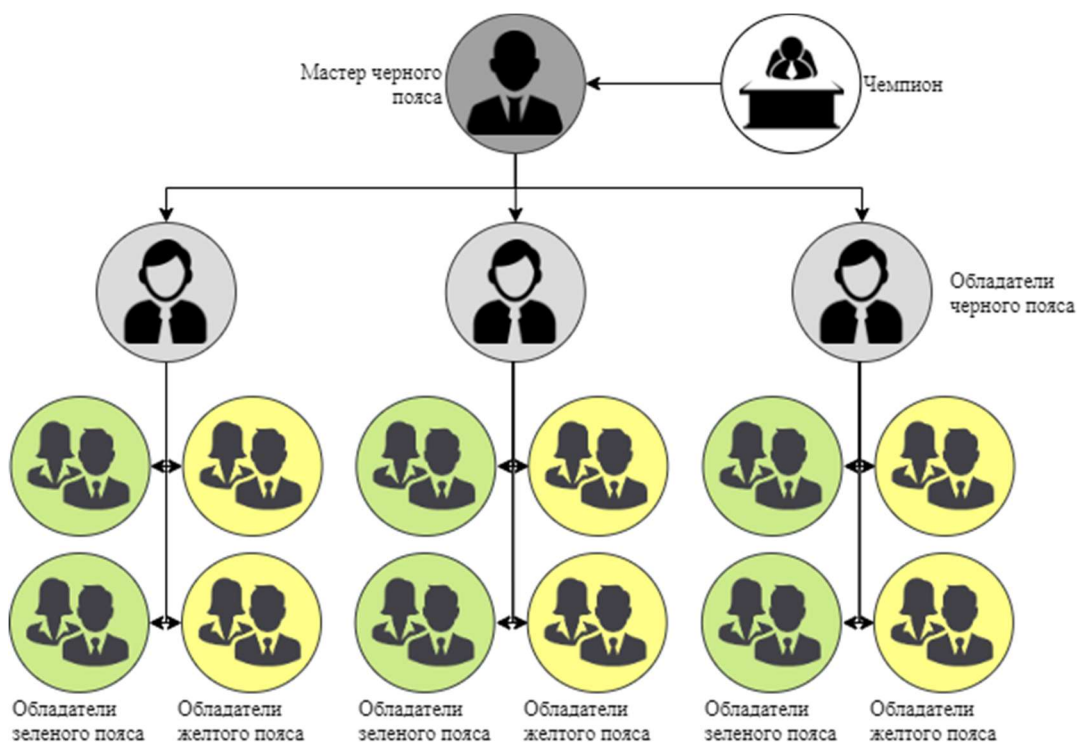


Рисунок 8. Иерархия персонала, участвующего в проекте «Шесть сигм»

Источник: составлено автором

В некоторых организациях или даже национальных культурах можно встретить несколько иные наименования данного перечня лиц, но это никак не меняет их оригинальных функций.

В качестве «Чемпионов по проектам» выступают специалисты, которые несут ответственность за определенные производственные процессы, ориентированные на внедрение подхода «Шесть сигм», которые впоследствии поручаются черным поясам. Основной целью чемпионов является определение, отбор и постановка задач для проектов.

«Мастера черного пояса» выполняют функции внутренних консультантов для «Черных поясов», а также оказывают им помощь в сложных моментах в процессе реализации проектов. Кроме того, на них возложена ответственность за достоверность данных полученных при проведении опросов потребителей, а также при использовании контрольных карт. Еще они обучают статистическим методам «Черные пояса». Обладатель звания «Мастер черного

пояса» должен знать не только все, что знают черные пояса, но и должен иметь представление того, на чем основаны статистические методы.

Важными лицами проекта являются «Черные пояса». Они руководят командами, выполняют исследования, являются наставниками для исполнителей проектов и «Зеленых поясов», обучая их методам и средствам, которые используются в подходе «Шесть сигм». Обладатели данного «звания» проходят различные обучения и тренинги по специальным программам и тратят на проекты «Шесть сигм» от 50 до 100% своего рабочего времени.

Обладатели «Зеленые пояса» находятся в конце иерархии. Они владеют основными методами и средствами, необходимые для реализации проектов. Специалисты «Желтого пояса» являются операторами процесса.

После того как произведены все усовершенствования процесса, проект сдают прикрепленному к нему менеджеру и через некоторое время, желательно через полгода, проводится аудит процесса, чтобы проанализировать результаты.

Таким образом, описанная ранее структура является необходимым условием для обеспечения деятельности по совершенствованию процессов.

Если сравнивать методологию «Шесть сигм» с другими системами, то основными отличиями являются:

- Организация специальной иерархии;
- Конечные результаты проектов выражаются измерительными величинами, что позволяет принимать решения, основываясь на фактах;
- Высшее руководство играет значимую роль в принятии решений и управлении проектами.

Организация, внедряющая методологию «Шесть сигм», первым этапом должна сформировать команду проекта и провести анализ действующей системы производства и определить процессы больше всего нуждающиеся в усовершенствовании. На этапе измерения целью является проверка достоверности данных и их анализ, чтобы выявить предварительные причины возникающих дефектов. В процессе следующего этапа необходимо окончательно определить причины отклонений и найти методы их устранения. На предпоследнем этапе происходит разработка планов мероприятий по усовершенствованию рассматриваемых процессов. И на этапе контроля проводится мониторинг исполнения мероприятий и процессов.

Основным инструментом метода является анализ законов распределения показателей качества сырья, полуфабрикатов, готовых изделий, технологических режимов, сравнение полей их рассеивания с нормативными требованиями. Для удовлетворения уровня брака не более 3-4 штук на 1 миллион единиц готовой продукции поле допуска должно содержать 6σ.¹⁵

Непосредственно в процессе внедрения данного метода при сборе данных рационально использовать контрольные карты, на этапе анализа информации – гистограммы, диаграммы причинно-следственных связей Исикавы, диаграммы Парето, диаграммы рассеивания.

В конечном итоге, смысл методологии «Шесть сигм» заключается в идее о постоянном совершенствовании процессов и снижении количества бракованных изделий. Такие улучшения могут осуществляться за счет радикальных изменений, то есть реинжиниринга процессов или за счет незначительных постоянных усовершенствований, другими словами – подход Кайдзен.

Преимуществом данного метода можно отметить возможность стандартизировать результаты технологических операций и повысить качество продукции, а также низкая стоимость внедрения.

Недостатком является необходимость в дополнительном обучении сотрудников. Кроме этого, узость предмета исследования методологии – внимание акцентируется в основном только на технологических операциях.

Также стоит отметить, что передовые компании не сосредотачиваются на применении какого-нибудь одного метода для улучшения качества, а применяют комбинированные стратегии, в основном это объединение метода сокращения потерь, то есть бережливое производство, и снижения изменчивости, то есть методология «Шесть сигм».

Таким образом, из всего вышесказанного можно сделать вывод, что качество является одним из основных параметров конкурентоспособности фирм. При правильном анализе и контроле качества фирма не только увеличивает уровень удовлетворения потребителей своим продуктом/услугой, но и способствует снижению себестоимости. Для достижения этих целей используются как обычные, так и статистические методы анализа. Но наибольшую

¹⁵ Назина Л. И., Кульнева Н. Г., Мельченко А. С. Метод "шесть сигм" как основа для повышения качества и конкурентоспособности продукции свеклосахарного производства // Экономика. Инновации. Управление качеством. – 2013. – №. 4. – С. 96.

популярность получили именно статистические, так как они обладают большей объективностью, а результаты данных методов анализа хорошо визуализируются.

Кроме того, существует комплексная методология «Шесть сигм», которая является объединением нескольких методов анализа и контроля качества процессов и продукции для поэтапного использования каждого из них с целью получения синергетического эффекта. Данный метод позволяет сменить полный контроль на выборочный без снижения уровня качества. Поэтому на данный момент, он является одним из наиболее популярных комплексных методов. Чаще всего, в России, его внедрением занимаются банки.

Если говорить о видах статистических методов, то способы их применения схожи между собой, это: сбор данных, первичная обработка, анализ данных, интерпретация результатов. Различия заключаются в том, каким образом получают данные, какого они типа, что именно анализируется (процесс или продукт) и так далее. Но общая схема, как говорилось ранее, схожа. Также стоит отметить, что среди данных методов наиболее популярным являются контрольные карты и планирование экспериментов. Последний метод, на текущий момент, становится все менее популярным, из-за появления нейронных сетей, которые способны выполнять все те же функции, но в более ускоренном формате.

Но не стоит забывать, что данные методы также обладают некоторыми недостатками, которые являются источниками проблем при применении данных методов на практике. При анализе научной литературы и написании данной работы удалось выявить и разделить на две группы основные источники проблем:

- Внешние – имеется в виду, что проблемы возникают из-за каких-либо причин, на которые само предприятие повлиять не способна (например, ошибка первого или второго рода – когда только случайно при применении метода «Контрольные карты» значение выходит за контрольные границы или наоборот все значения находятся в пределах), но может лишь при помощи использования комбинации методов попытаться избежать данных проблем;
- Внутренние – источниками проблем являются некоторые особые причины, которые существуют только на данном предприятии (например, некомпетентность персонала, занимающегося анализом качества и/или система сбора данных для этого анализа). При этом данные можно предупредить и ликвидировать.

Глава 2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАЗЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

В данной главе была использована методология case study research, в процессе которой были проанализированы конкретные истории, выявлены существенные характеристики применения статистических методов в реальных ситуациях, а также было приведено обобщение и общая логика применения данных методов. Также, необходимо отметить, что поскольку не удалось найти единого объекта для применения всех методов на практике, так как компании достаточно закрыты и с трудом предоставляют информацию о себе для исследования, была выбрана именно комбинированная идея анализа данных (анализ вторичных источников: International Paper, Excel logistics и первичных источников: собственные данные, полученные благодаря проведенному опросу). Кроме того, предметом данного анализа выступали именно внешние источники проблем, так как внутренние проблемы почти уникальны и не имеют какого-либо универсального решения для всех предприятий.

2.1 Статистический анализ рекламаций компании International Paper

С целью проверки гипотезы, что при анализе данных за несколько периодов в совокупности есть вероятность, что данные будут искажать средние и контрольные значения друг для друга, был проанализирован первый кейс. В нем были использованы такие методы анализа качества процессов, как: контрольные карты, стратификация (расслоение) данных.

Данные для кейса были предоставлены компанией International Paper для практической части работы, которая с 1998 года занимается производством и продажей офисной и офсетной бумаги, картона для упаковки жидких пищевых продуктов, термомеханической массы бумаги в России. Их производство сосредоточено на собственном комбинате в городе Светогорск.

Компания International Paper является крупным игроком на своем рынке, и, чтобы удерживать свои позиции, кроме всего прочего, она занимается контролем качества своих процессов.

Полученные данные представлены в виде таблицы в Excel (см. приложение 1). Временной период 3 года. В этой таблице содержатся данные по всем рекламациям данной компании на территории Российской Федерации, а именно:

- Данные о клиентах, требующих рекламацию (в целях конфиденциальности информации, названия клиентов заменены на порядковые номера);
- Дата, когда поступил запрос на рекламацию;
- Техническое решение – приняли или отклонили рекламацию;
- Заявленная причина;
- Заявленная сумма в рублях;
- Выплаченная сумма в рублях.

Первый этап анализа данных заключался в оценке затрат данного предприятия из-за возникших рекламаций. Динамика таких затрат представлена на рисунке 9.

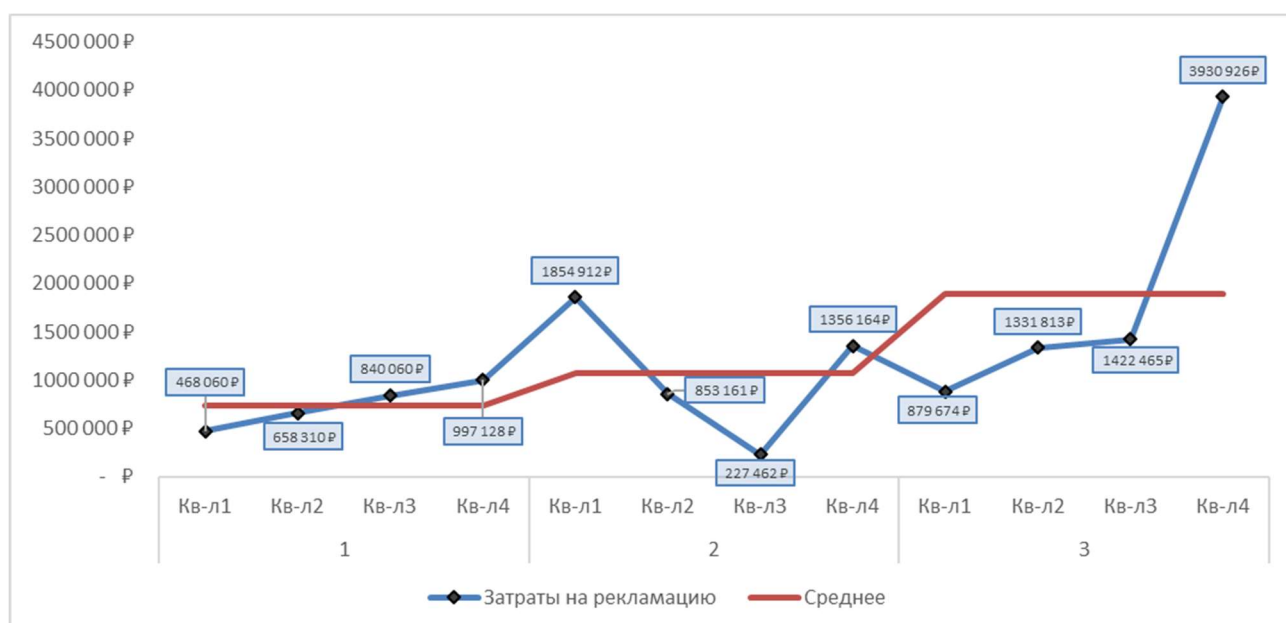


Рисунок 9. Сумма затрат на рекламацию

Источник: составлено автором по данным International Paper

Исследуя данные по затратам, можно заметить возможную некоторую динамику роста по годам и резкий скачек в последнем квартале 3-го года. Такой резкий скачек может быть вызван множеством причин. Чтобы выяснить находится ли данный процесс в состоянии статистической управляемости, необходимо воспользоваться методом «Контрольная карта».

В первую очередь, необходимо определить, какого типа информация представлена в таблице. Анализ будет строиться на количестве ошибок, следовательно, эта информация относится к группе качественной. Это означает, что необходимо строить контрольную карту по альтернативному признаку.

Кроме этого, так как данные выражены именно в виде количества рекламаций, то необходимо строить С-карту. Для этого была рассчитана средняя линия, которая равна математическому ожиданию количества ошибок по месяцам. Так же были подсчитаны верхняя и нижняя контрольные границы по формуле:

$$\text{ВКГ/НКГ} = c \pm 3 * \sqrt{c}; \quad 16$$

где: ВКГ/НКГ – верхняя/нижняя контрольные границы,

c – среднее количество брака.

Используя данные расчеты можно уже построить контрольную карту.

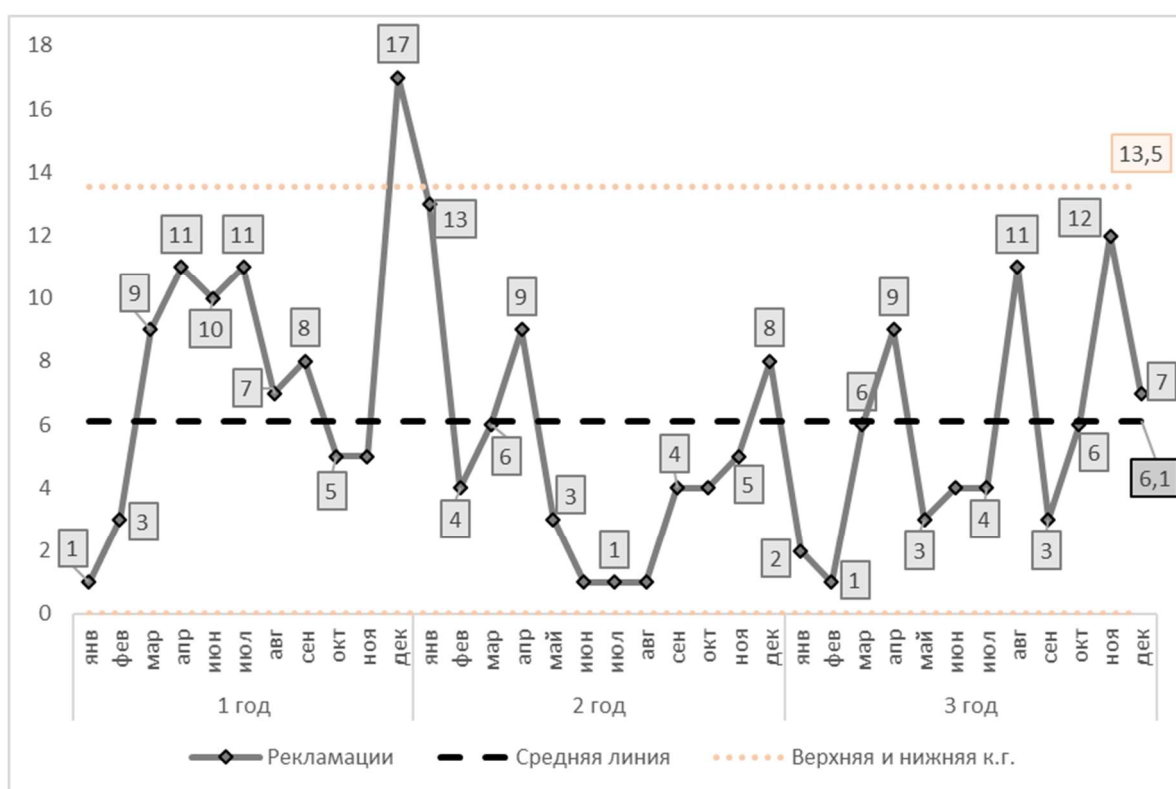


Рисунок 10. С-карта рекламаций за весь период

Источник: составлено автором по данным International Paper

Как можно заметить, почти все точки находятся в пределах контрольных границ. Лишь одна выходит за верхнюю границу в декабре 1 года. А также можно заметить неярко выраженную тенденцию в период с октября 2 года по декабрь 3 года. Такие две ситуации сигнализируют о том, что, скорее всего, процесс не находится в состоянии статистической управляемости. Чтобы подробнее изучить, нет ли еще таких же признаков ухудшения процесса, необходимо

¹⁶ Montgomery, Douglas, C. Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition / Elm Street Publishing Services, 2009

разделить весь период за 3 года на несколько дополнительных периодов и рассмотреть в контексте каждого отдельно.

Таким образом были построены контрольные карты за каждый год отдельно.

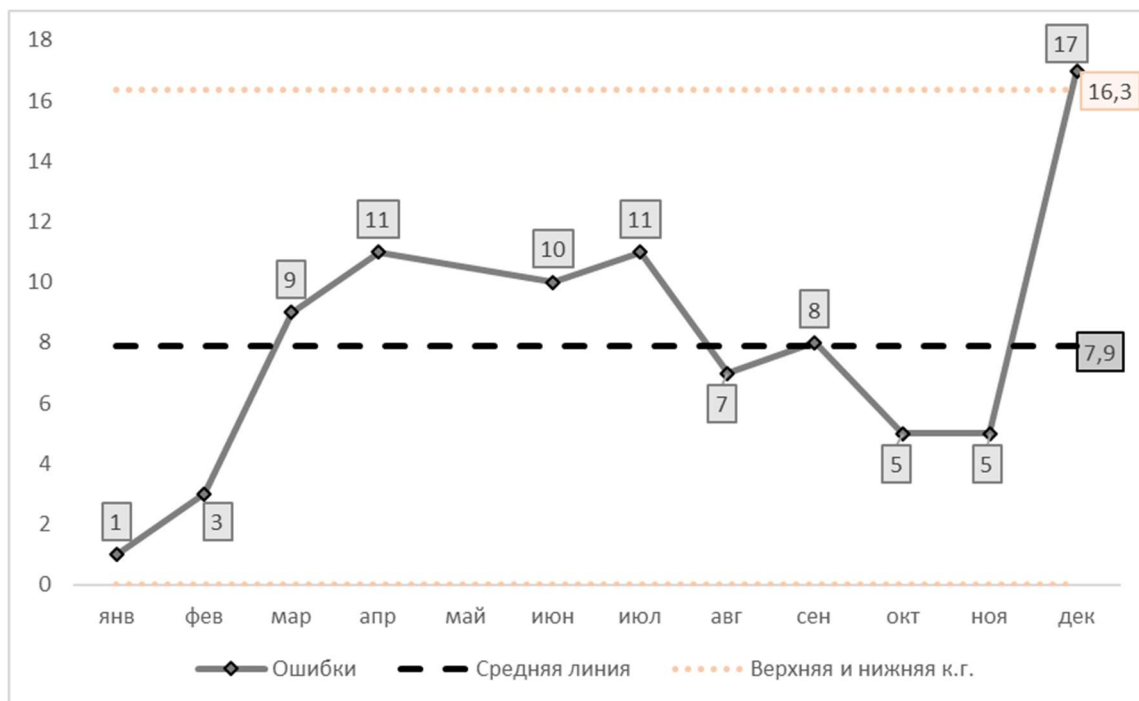


Рисунок 11. С-карта рекламаций за 1 год

Источник: составлено автором по данным International Paper

В течение первого года никакой тенденции не наблюдается, но зато присутствует значение, которое выходит за контрольную границу. Это подтверждает, что в декабре 1 года количество рекламаций было нестандартно большим. Конечно, не стоит делать поспешных выводов и привлекать к ответственности сотрудников отдела качества, ведь вполне вероятно, что такая ситуация могла возникнуть случайным образом. Чтобы выяснить действительно ли такое событие возникло из-за особой или случайной причины, необходимо более детально изучить данные процесса производства. Если обнаружится, что процесс находится в условии статистической управляемости, то причиной такого события может быть то, что некоторая часть заявлений на рекламацию, которые должны были быть в ноябре, почему-то были задержаны до конца месяца. Данную ситуацию подтверждает тот факт, что почти все рекламации за ноябрь были поданы 30 числа, а половина рекламаций за декабрь приходится на первые 10 дней.

При рассмотрении 2 года отдельно верхняя контрольная граница снижается вследствие того, что за данный период произошло меньше рекламаций, чем в предыдущий год.

Как показано на рисунке 12, в январе 2 года возникла ситуация, когда значение выходит за контрольную границу, хотя на рисунке 10 данное значение находится в допустимых пределах. Как говорилось ранее, это связано с тем, что из-за отдельного рассмотрения 2 года, происходит занижение контрольной границы.

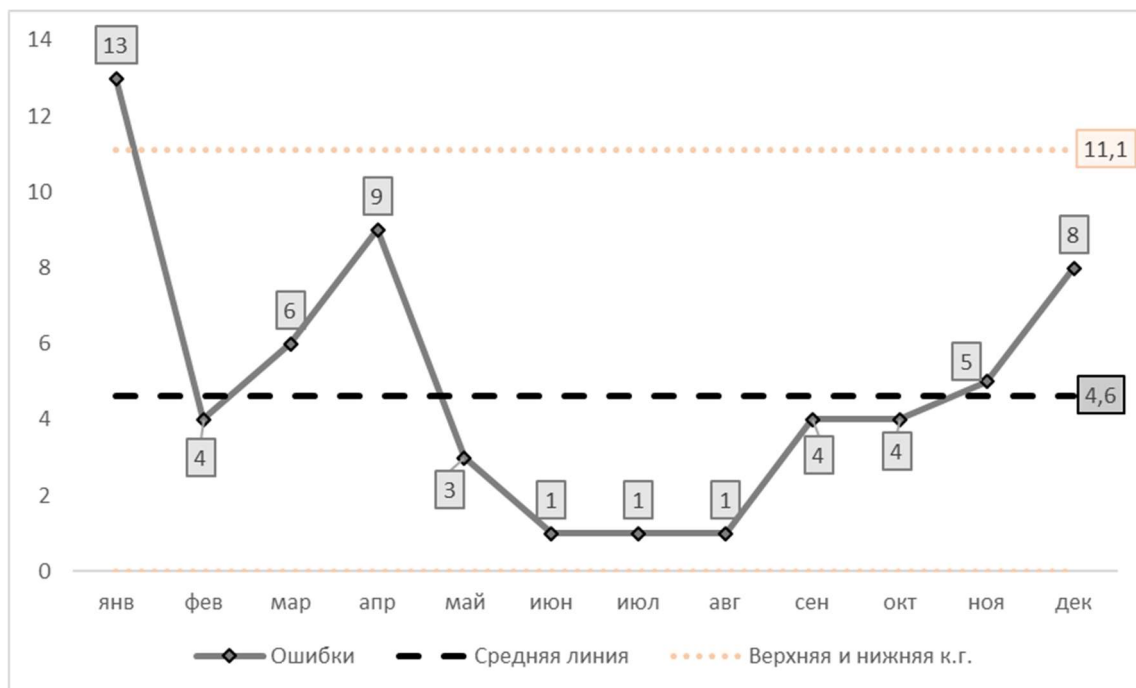


Рисунок 12. С-карта рекламаций за 2 год

Источник: составлено автором по данным International Paper

Такая ситуация также может быть вызвана как случайной причиной, так и особой. Чтобы знать наверняка, необходимо получить данные о производстве. Но данную информацию не удастся получить человеку, который не работает в данной компании на позиции менеджера качества или который не является собственником данного предприятия.

Контрольная карта за последний период представлена на рисунке 13.

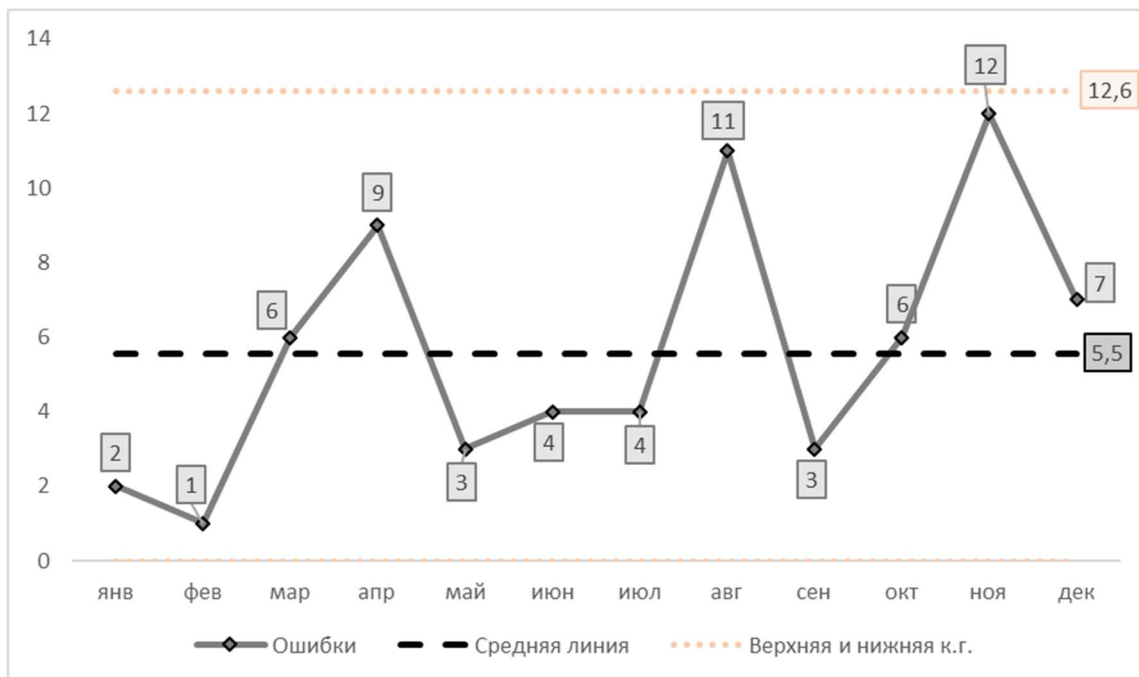


Рисунок 13. С-карта рекламаций за 3 год

Источник: составлено автором по данным International Paper

В течение 3 года не наблюдается критических значений показателя - все значения находятся в пределах контрольных границ. Но можно наблюдать наличие некоторой динамики, что может быть следствием появления особой причины, из-за которой происходит постепенное увеличение бракованной продукции (например, некачественная настройка оборудования, вследствие чего оно приходит из месяца в месяц во всю большую непригодность). Чтобы определить, присутствует ли тенденция увеличения количества рекламаций в 3 году, были найдены средние поквартальные значения количества рекламаций.

Таблица 1. Динамика количества рекламаций в 3 году

| Период | Значение | Индекс роста |
|--------|----------|--------------|
| Кв-л 1 | 3,0 | --- |
| Кв-л 2 | 5,3 | 1,8 |
| Кв-л 3 | 6,0 | 1,1 |
| Кв-л 4 | 8,3 | 1,4 |

Источник: составлено автором по данным International Paper

Согласно данным таблицы 1, действительно, в 3 году присутствует тенденция роста количества рекламаций. Данная ситуация также, как и выход за контрольную границу, может быть вызван либо особой причиной, тогда необходимо предпринимать меры по устранению

данного события и не допущения его повторения в будущем, либо случайной причиной, в таком случае нет необходимости в дополнительных мероприятиях.

Таким образом, при анализе контрольных карт было выявлено несколько моментов, которые свидетельствуют о том, что процесс не находится в состоянии статистической управляемости, поэтому компании в 3 году следовало провести внутреннее расследование, чтобы выяснить к какому типу относятся данные ситуации: особые причины или случайные причины.

Кроме статистического метода «контрольные карты», был применен метод стратификации, чтобы выяснить, сегментировать данные по рекламациям и расслоить их, как показано на рисунке 14.

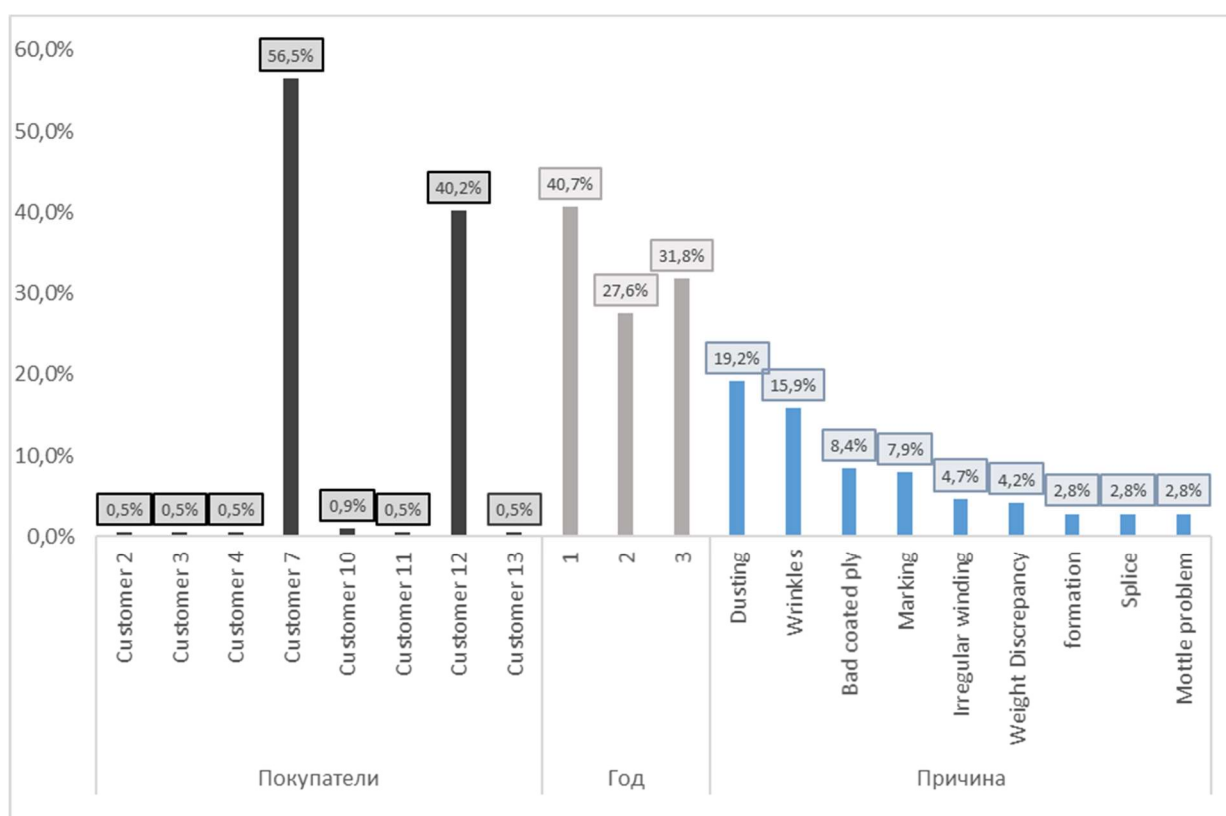


Рисунок 14. Стратифицированные данные по доле количества рекламаций в группах

Источник: составлено автором по данным International Paper

Как можно заметить, больше всего заявлений на возврат поступало в основном от двух покупателей №7 и №12, а именно в совокупности 96,7% всех случаев, в то время как остальные заявляли только в среднем 0,5% каждый. То есть, при условии того, что все представленные покупатели закупают одинаковую продукцию, вполне вероятно, что в процесс производства в

порядке, причины рекламаций могут возникать вне процесса производства, например, при транспортировке продукции до покупателей №7 и №12. Также это данная ситуация может быть вызвана тем, что эти покупатели являются основными и на них приходится большая доля проданной продукции, поэтому у них больше заявок на рекламацию.

Анализ количества брака по периодам не выявил каких-либо особых ситуаций, требующих рассмотрение более подробно.

На рисунке 14 представлены только первые 9 причин рекламаций, почти 75% всех случаев, так как считается нецелесообразным рассматривать оставшиеся из-за их малого влияния.

При детальном рассмотрении причин, по которым покупатели заявляли на возврат, наиболее популярными являются «Dusting» (пыль) - 19,2% и «Wrinkles» (мятый продукт) - 15,9%.

Таким образом, можно сделать вывод, что действительно, если рассматривать данные за несколько периодов в совокупности, то произойдет взаимное искажение данных. При использовании метода контрольных карты необходимо рассматривать каждый период отдельно для выяснения состояния процесса. А при применении метода стратификации данных можно выявить критические точки качества процесса компании. То есть, если при более подробном анализе данных, полученных благодаря методу контрольных карт, обнаружится, что процесс не находится в состоянии статистической управляемости, то метод стратификации данных покажет, чему уделить внимание в первую очередь.

2.2 Анализ процесса предоставления услуг столовой

Второй кейс представляет собой опрос, проведенный автором самостоятельно. Целью опроса являлась оценка качества процесса предоставления услуг в столовой на улице Чайковского, 62, а также выявление факторов, требующие внимания повышения качества, при условии, что качество непосредственно конечного продукта является относительно одинаковым. Данный кейс позволил проверить предположение, что источником проблемы может служить анализ факторов, влияющих на качество процесса, без сегментирования (то есть без выявления некоторых групп, которые требуют особого внимания). Для анализа кейса были использованы следующие статистические методы: метод Парасурмана, однофакторный дисперсионный анализ, расчет показателей DPMO.

В опросе участвовало 30 человек, из которых 24 респондента женского пола и 6 респондентов мужского пола. Основной возраст респондентов составил 21 год - 63% из всех

опрошенных. Опрос был проведен по методу Парасурмана. А именно, рассматривались такие критерии качества, как:

1. Материальность;
2. Надежность;
3. Отзывчивость;
4. Вежливость;
5. Сочувствие.

Респондентам предлагалось ответить на следующие 12 вопросов, которые были представлены в виде пяти бальной шкалы Лайкерта, где 1 - крайне неудовлетворительно, 5 - очень хорошо:

1. Оборудование - стерильность и современность;
2. Интерьер помещения;
3. Опрятность персонала;
4. Репутация учреждения;
5. Скорость обслуживания;
6. Наличие описания состава блюд и отсутствие в нем ошибок и неточностей;
7. Аккуратность подачи блюд;
8. Дисциплина персонала;
9. Помощь персонала;
10. Вежливость персонала;
11. Персонал уверено отвечает на заданные вопросы;
12. Рабочие часы учреждения.

Респонденты сначала должны были ответить на данные 12 вопросов, описывая таким образом столовую, которую они посещали и считают эталоном. Затем им предлагалось ответить на такие же 12 вопросов, но в этот раз описывая столовую, которая находится на факультете по адресу: улица Чайковского, 62 (впоследствии она будет называться «исследуемая»).

Данный метод позволяет сделать объективную оценку качества процесса предоставления услуг, сравнивая исследуемое предприятие с тем, которое потребители считают эталоном. В идеале, в данном случае, в качестве эталона должна быть конкретная столовая, но в силу того, что трудно найти таких респондентов, которые посещали столовую на улице Чайковского, 62, а также все единогласно считают за эталон конкретно одну другую столовую. Поэтому было

использовано допущение, что за эталон респондент мог брать любую столовую по своему усмотрению. Чаще всего такими оказывались: «Тарелка», «Столовая номер 1».

Результат опроса был сведен в таблицу (см. приложение 2) и проиллюстрирован на рисунке 15.

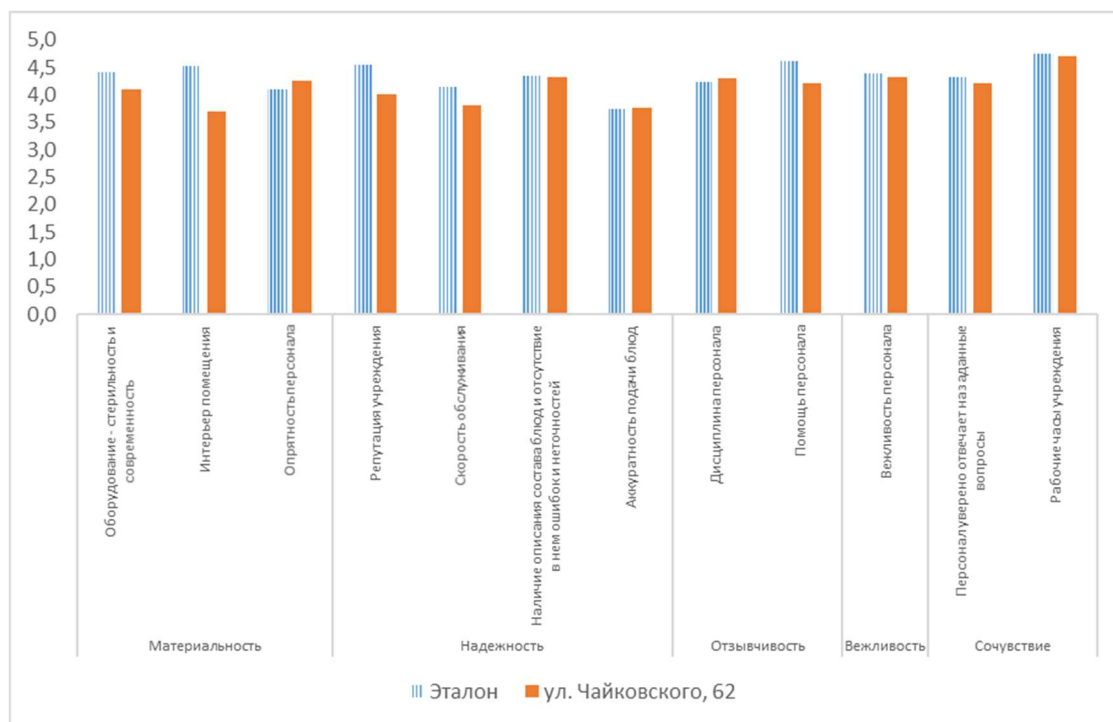


Рисунок 15. Сравнение распределения среднего значения баллов

Источник: составлено автором по данным проведенного самостоятельно опроса

Общий средний балл у эталона равен 4,4, в то время как у исследуемой столовой он равен 4,2. Разница не велика, но все же это означает, что качество услуг в исследуемой столовой уступает качеству в эталонной, по мнению респондентов.

Более подробный анализ представлен на рисунке 16.

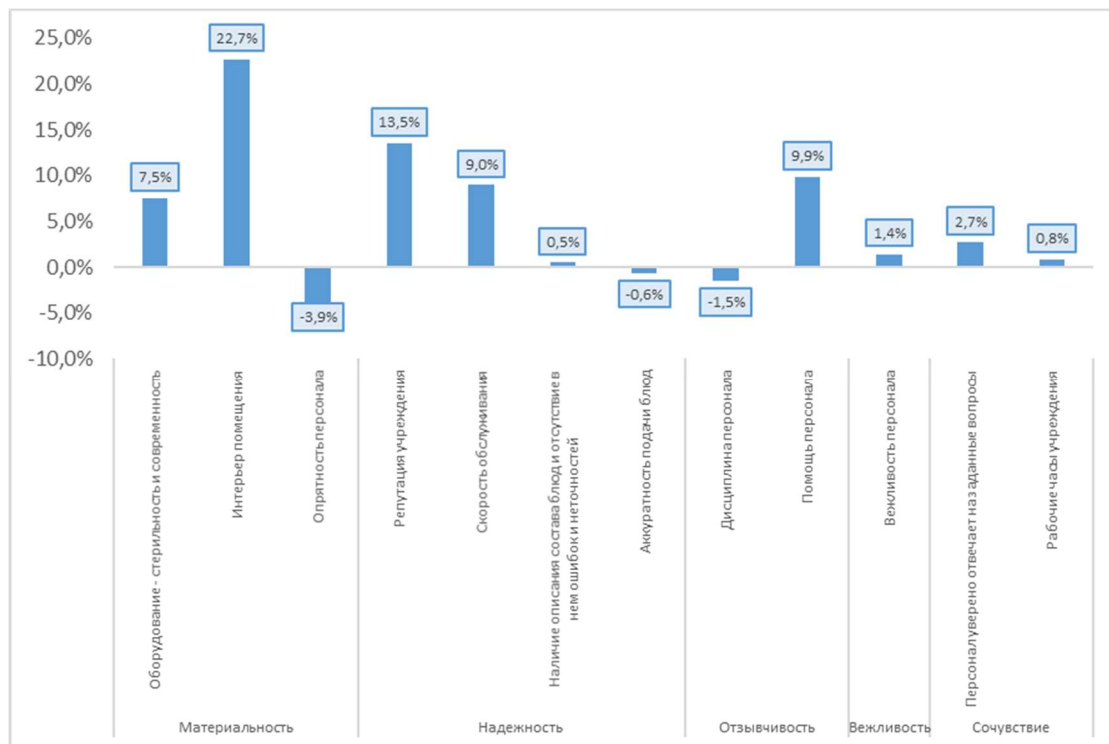


Рисунок 16. Относительное сравнение среднего значения баллов

Источник: составлено автором по данным проведенного самостоятельно опроса

Как можно заметить, наибольшая относительная разница содержится в группе «Материальность». Наиболее проигрывающие показатели у исследуемой столовой заметны во втором, четвертом и девятом вопросах. На вопрос об интерьере респонденты ставили эталону в среднем на 22,7% баллов больше, чем исследуемой столовой. Вторым проигрывающим фактором у исследуемой столовой является репутация учреждения – отставание в среднем на 13,5%. И наконец третьим слабым фактором исследуемой столовой является помощь персонала – отставание в среднем на 9,9%.

Но также можно заметить такой факт, что на вопрос насчет опрятности персонала респонденты в среднем ставили на 3,9% баллов меньше эталону, чем исследуемой столовой. Также исследуемая столовая имеет большее среднее значение в вопросах аккуратность подачи блюд и дисциплина персонала. Этот факт означает, что данные три вопроса не нуждаются в дополнительном контроле качества, они уже достаточно удовлетворяют потребителей.

Перед тем, как предпринимать меры по решению возникших проблем, необходимо проверить, есть ли зависимость ответов респондентов от их пола, ведь в исследуемой столовой, в связи со сложившейся ситуацией, среди потребителей больше людей женского пола, чем мужского. Поэтому стоит проверить гипотезу, влияет ли принадлежность к мужскому или женскому полу на ответ в опросе.

При рассмотрении рисунка 17, можно заметить некоторую тенденцию, что мужчины, чаще всего, указывают больший балл, чем женщины.

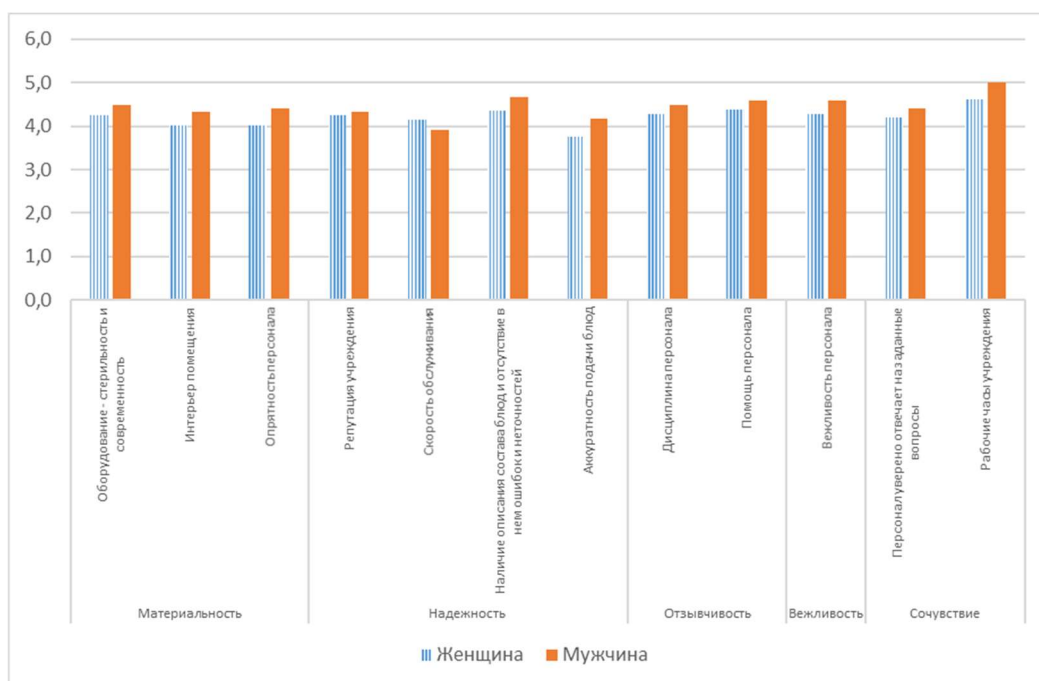


Рисунок 17. Сравнение распределения среднего значения баллов среди женщин и мужчин

Источник: составлено автором по данным проведенного самостоятельно опроса

Данную гипотезу можно проверить при помощи статистического метода анализа данных «однофакторный дисперсионный анализ», где в качестве нулевой гипотезы выступает:

$$\mu_{\text{ж}} = \mu_{\text{м}}$$

Данный анализ можно провести при помощи средств программы «Excel», результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2. Однофакторный дисперсионный анализ

| <i>Источник вариации</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-Значение</i> | <i>F критическое</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------|----------------------|
| Между группами | 0,62 | 1 | 0,62 | 5,58 | 2,26% | 4,06 |
| Внутри групп | 4,87 | 44 | 0,11 | | | |
| Итого | 5,490338 | 45 | | | | |

Источник: составлено автором по данным проведенного самостоятельно опроса

Как показано в таблице 2, P-значение данного анализа равно 2,26%. Это значение ниже 5% уровня значимости, поэтому можно отвергнуть нулевую гипотезу, что ответ на вопрос не

зависит от пола респондента. Поэтому дальнейший анализ данных необходимо разделить на 2 группы по половому признаку.

При более детальном исследовании, выяснилось, что мужчины в среднем ставят больше на 0,3 балла, отвечая на вопросы. Благодаря этому факту можно сказать, что мужчины более лояльно относятся к качеству услуг, которые они получают.

В дальнейшем респонденты женского пола рассматриваются отдельно, так как они оказались более требовательными к качеству и их доля в общем количестве больше, чем мужчин. Анализ данной группы респондентов представлен на рисунке 18.

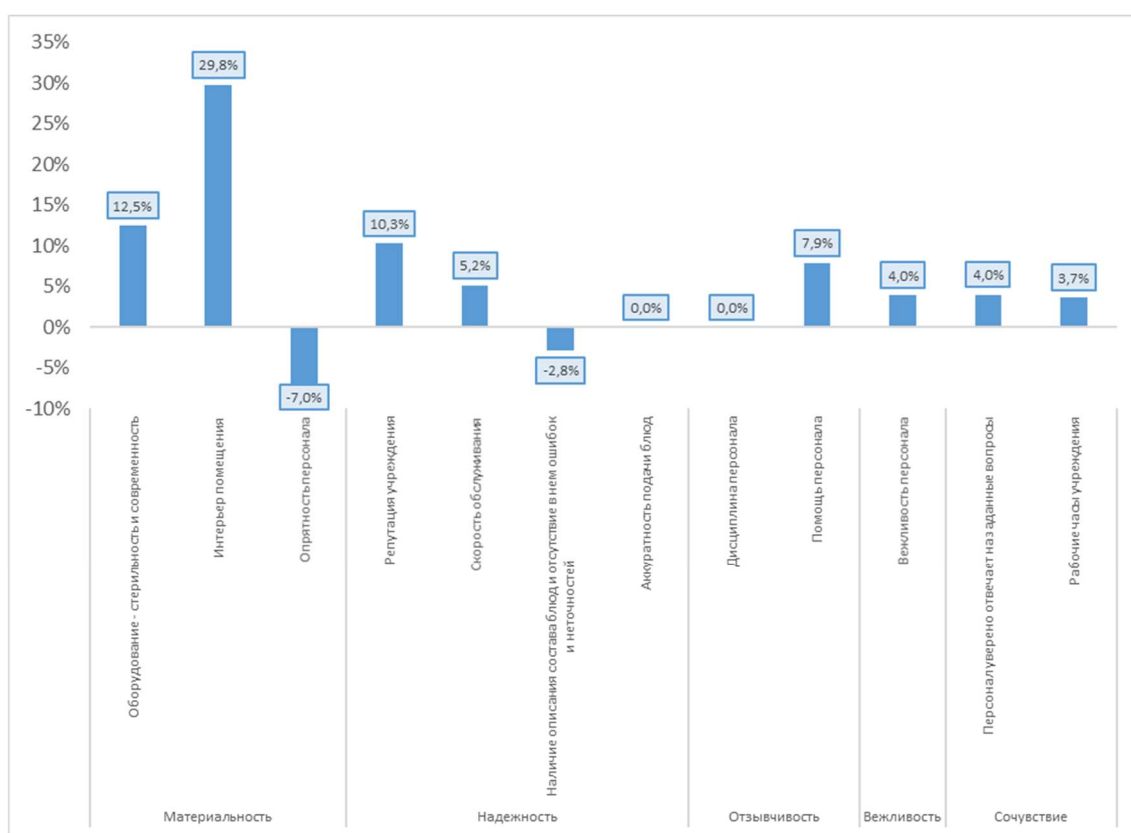


Рисунок 18. Относительное сравнение среднего значения баллов среди женщин

Источник: составлено автором по данным проведенного самостоятельно опроса

При рассмотрении ответов респондентов женщин, интерьер оказался так же на первом месте, но при этом отставание данного вопроса в количестве баллов увеличилось и составило 29,8%. Но кроме этого репутация учреждения, по мнению женщин, не находится на втором месте по разнице средних баллов. А основным преимуществом исследуемой столовой все так же остается вопрос насчет опрятности персонала.

Но на этом моменте данный анализ качества процесса предоставления услуг исследуемой столовой нельзя считать законченным. Согласно подходу «Шесть сигм», описанному ранее,

необходимо также рассчитать такой показатель как DPMO (Defects Per Million Opportunities), который показывает количество дефектов/отклонений в процессе или продукте на миллион возможностей. Он рассчитывается по следующей формуле:

$$DPMO = \frac{\text{Количество дефектов}}{\text{Объем выборки} * \text{Количество возможностей для дефекта}} * 1\,000\,000$$

В данной формуле предполагается, что каждый этап процесса или единица продукта могут содержать несколько различных дефектов. Данное число называется "количество возможностей для дефекта".

Каждому значению DPMO однозначно соответствует определенный уровень качества работы процесса, выраженный в проценте и в сигма уровне (см. приложение 3).

В качестве дефекта засчитывалось, если респондент ставил на меньшее количество баллов исследуемой столовой, чем эталону. Объем выборки равен количеству женщин, учувствовавших в опросе. Количество возможностей для дефекта равно произведению количества респондентов женского пола на количество вопросов.

Показатель DPMO у исследуемой столовой равен 381944. При сопоставлении данного значения в таблице из приложения, получается, что сигма уровень равен 1,75, а это означает 59,87% уровень качества процесса.

Таким образом, можно сделать вывод, что гипотеза подтверждена. Действительно, на практике при применении статистических методов анализа качества можно столкнуться с такой проблемой, как неправильное направление стратегии улучшения качества. Как показано на примере, если при проведении данного анализа остановиться после первого цикла анализа, то получилась бы ложная картина состояния качества процесса. То есть, например, согласно полученным данным первого цикла, качество интерьера необходимо улучшить до тех пор, пока оно, по общей оценке, не станет равно эталону, хотя на самом деле, женщины все же останутся недостаточно довольны этим фактором (примерно на 0,3 балла), что приведет к потере лояльности, а в дальнейшем клиентов, так как женщины являются основным потребителем исследуемой столовой.

Данную проблему можно решить двумя способами:

- Учитывать результаты опроса мужчин и женщин отдельно (например, полученные баллы мужчин умножить на некоторый понижающий коэффициент, чтобы попытаться приравнять их лояльность к лояльности женщин);

- Учитывать результаты опроса только той группы, которая является менее лояльной. Данный способ применим не всегда, так как эта группа должна быть значимой, то есть составлять основную часть всех потребителей.

2.3 Статистическое управление логистическим процессом

Для анализа отклонений производственного процесса были использованы данные из кейса «Excel Logistics Services». Данный кейс был проанализирован с целью проверки гипотезы о том, что процессы на производстве могут быть как взаимосвязаны, так и не связаны друг с другом, независимо от того, сколько типов продукции производится. Например, цех сборки и покраски взаимосвязаны друг с другом, то есть если возникнут какие-либо отклонения в процессе одного из них, то это точно отразится на готовом продукте. А вот, например, 2 цеха стоящих отдельно и производящих, допустим, один тип продукции самостоятельно без задействования производственных мощностей другого, будут считаться независимыми друг от друга и наличие отклонений в процессе производства одного цеха, никак не влияет на готовую продукцию другого. Для достижения цели анализа было применено несколько методов, таких как контрольные карты, расчет Z-оценки, расчет показателей DPMO.

В кейсе описывается предприятие, которое занимается предоставлением логистических услуг. Данная компания управляет семью центрами хранения и распределения (далее ЦХР). Каждый ЦХР привязан к своему региону и занимается логистикой только в нем. Спрингфилдский ЦХР обслуживает в общей сложности 194 магазина, при этом складировается одновременно примерно 12 000 вещей, это составляет 46 миллионов долларов, что равняется примерно месячному спросу магазинов в его регионе. Общая площадь ЦХР в Спрингфилде составляет 1,1 миллиона квадратных футов и разделена на шесть модулей. Модули 1 и 3 используются для хранения, остальные для сортировки. Необходимо отметить, что в модулях 1 и 3 хранятся разные товары, которые не связаны друг с другом.

По каким-то причинам началось снижение качества – розничные магазины стали жаловаться на задержки, а также на неправильные размеры заказов.

Весь процесс в Спрингфилдском ЦХР можно разделить на 4 ключевых этапа:

1. Получение от поставщика;
2. Хранение на складе;
3. Подготовка заказа к отправке;
4. Отправка заказа.

Любая ошибка, допущенная в любом из четырех этапов, влияет на способность компании своевременно и в нужном количестве доставлять заказ.

Все предварительные меры по повышению качества уже были проведены (например, были четко прописаны все должностные инструкции, создана мотивирующая система KPI), но некоторые магазины все равно продолжают подавать жалобы. Поэтому в целях повышения качества планируется использовать статистические методы управления качеством.

В силу того, что в условиях склада качество процесса классифицируется как дефектное или не дефектное, данные относятся к качественному типу. Ежедневно склад выполняет около 8000 транзакций. Для получения необходимых данных производилось выборочное наблюдение, объемом 800 транзакций, в течение 45 дней. Такой объем выбран с той целью, чтобы каждый день в выборку попадало минимум 3 ошибки, иначе провести анализ при помощи статистических методов будет невозможно из-за не репрезентативности полученных данных.

Были выявлены 5 основных источников ошибок:

1. Slotter – ошибки в любой из функциональной обязанности человека на позиции Slotter (проверка количества поступившего товара, определение места для хранения, а также проведение аудита соответствия поставщиков);
2. Keying – ошибка работника отдела получения товаров в вводе неправильного количества в систему инвентаризации;
3. Letdown – любые ошибки во время разгрузки;
4. ITR ADJ – ошибки в получении необходимого пакета документов;
5. Putaway – ошибки в размещении товара в неправильном месте.

Благодаря наблюдению в течение 45 дней удалось получить таблицу с количеством ошибок за каждый день и из-за какой причины это произошло (см. приложение 4). Их распределение представлено на рисунке 19.

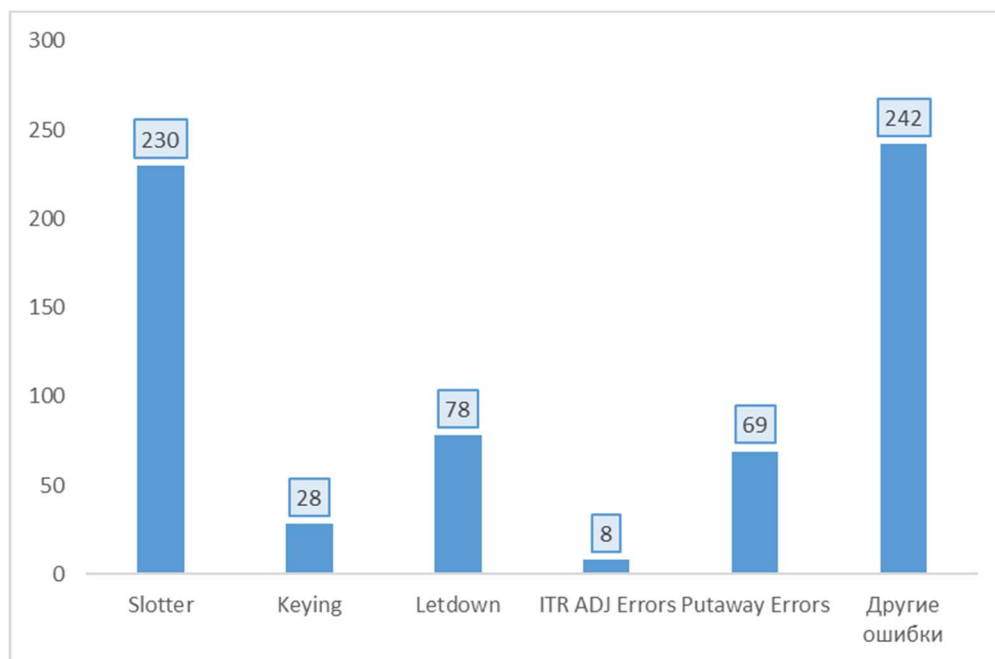


Рисунок 19. Распределение количества ошибок по модулям 1 и 3 в совокупности

Источник: составлено автором по Kellogg School of Management «Excel Logistics Services»

Согласно тому, что изображено на рисунке 19, больше всего за весь период произошло ошибок вида Slotter (35,5%). На втором месте по количеству со значительным отставанием Letdown (11,9%).

Для того, чтобы выяснить, каким факторам подвержен процесс (случайным или особым – другими словами, находится ли он в состоянии статистической управляемости), необходимо воспользоваться методом «Контрольные карты».

Используя имеющиеся данные, которые относятся к альтернативным, была построена контрольная карта вида P (доля ошибок) используя следующую формулу:

$$\text{ВКГ/НКГ} = \bar{P} \pm 3 * \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n_j}}^{17}$$

где \bar{P} – среднее количество ошибок в выборке;

n_j – объем j-ой выборки.

¹⁷ Montgomery, Douglas, C. Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition / Elm Street Publishing Services, 2009

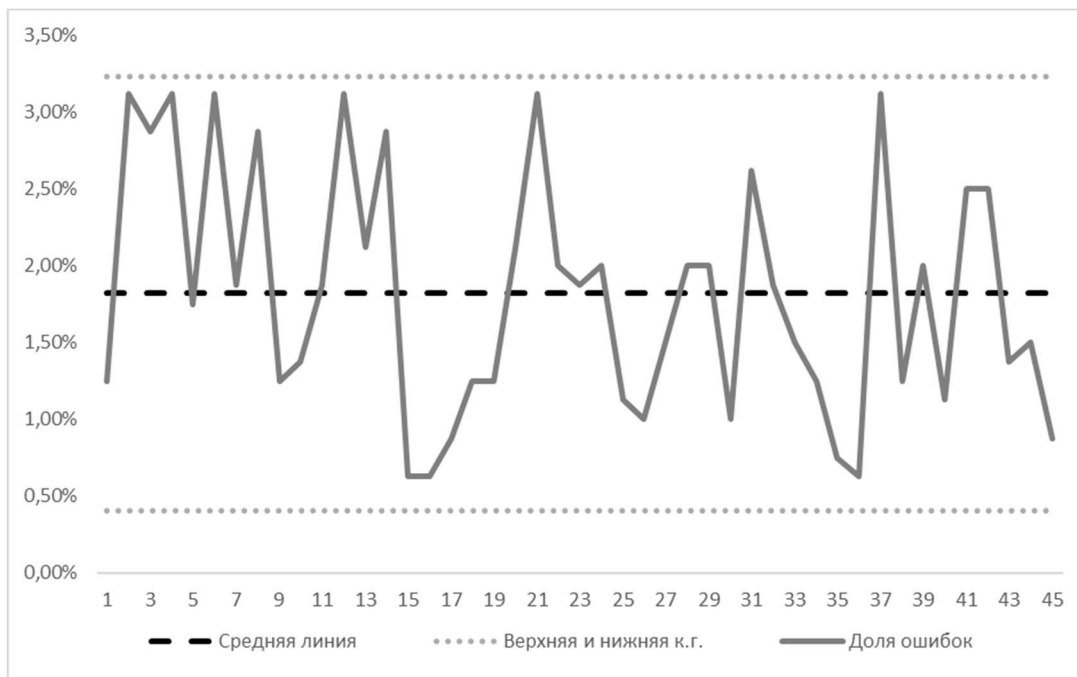


Рисунок 20. Р-карта ошибок по модулям 1 и 3 в совокупности

Источник: составлено автором по Kellog School of Management «Excel Logistics Services»

При анализе контрольной карты на рисунке 20 можно обнаружить, что за весь период не наблюдается никакой тенденции, а также что значения не пересекли контрольную границу, хотя были близки к этому. Так как модули 1 и 3 не взаимосвязаны, то целесообразнее будет построить отдельные контрольные карты по такой же формуле для Р-карт.

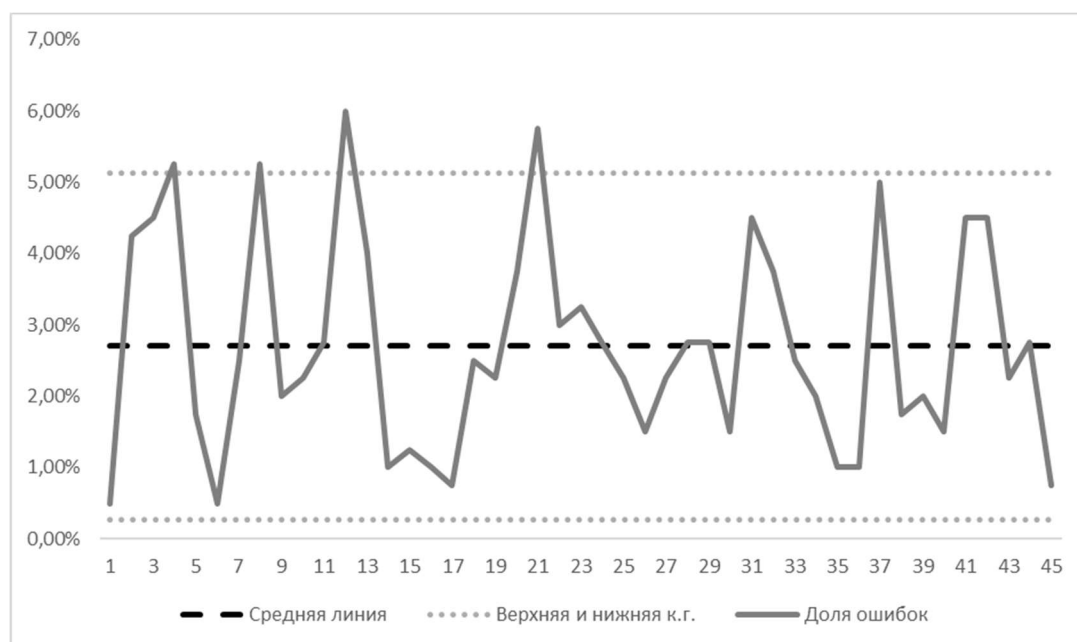


Рисунок 21. Р-карта ошибок по модулю 1

Источник: составлено автором по Kellog School of Management «Excel Logistics Services»

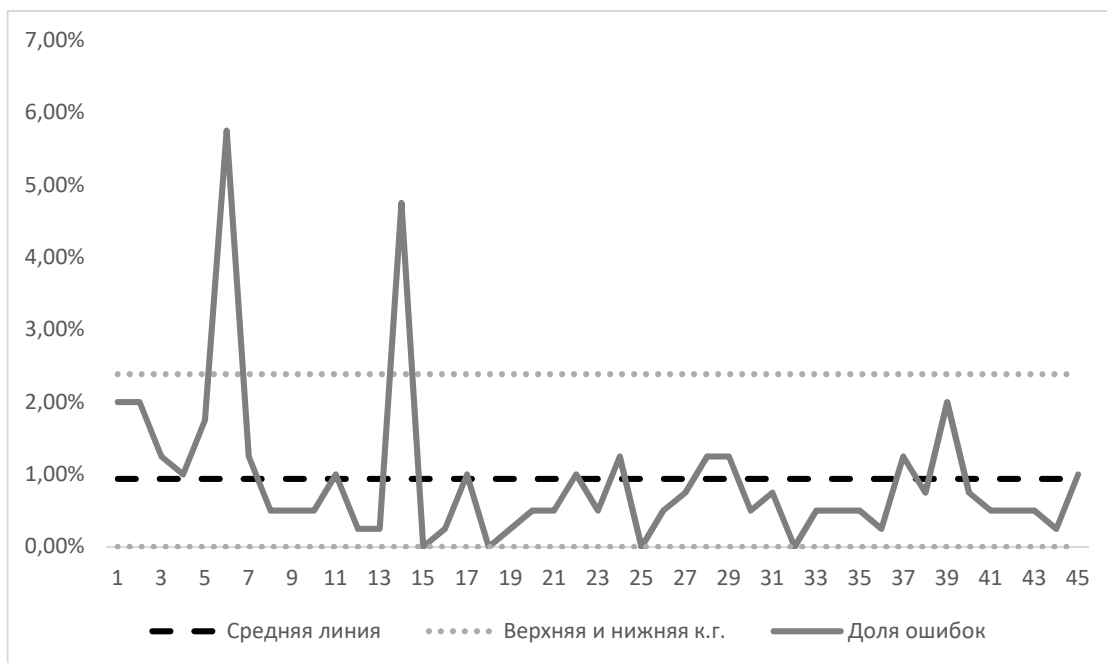


Рисунок 22. Р-карта ошибок по модулю 3

Источник: составлено автором по Kellog School of Management «Excel Logistics Services»

При раздельном построении контрольных карт, обнаружилось что процесс в обоих модулях не находится в состоянии статистического контроля. Также при анализе источников ошибок раздельно по каждому модулю можно выявить некоторое различие с тем, что было представлено ранее.

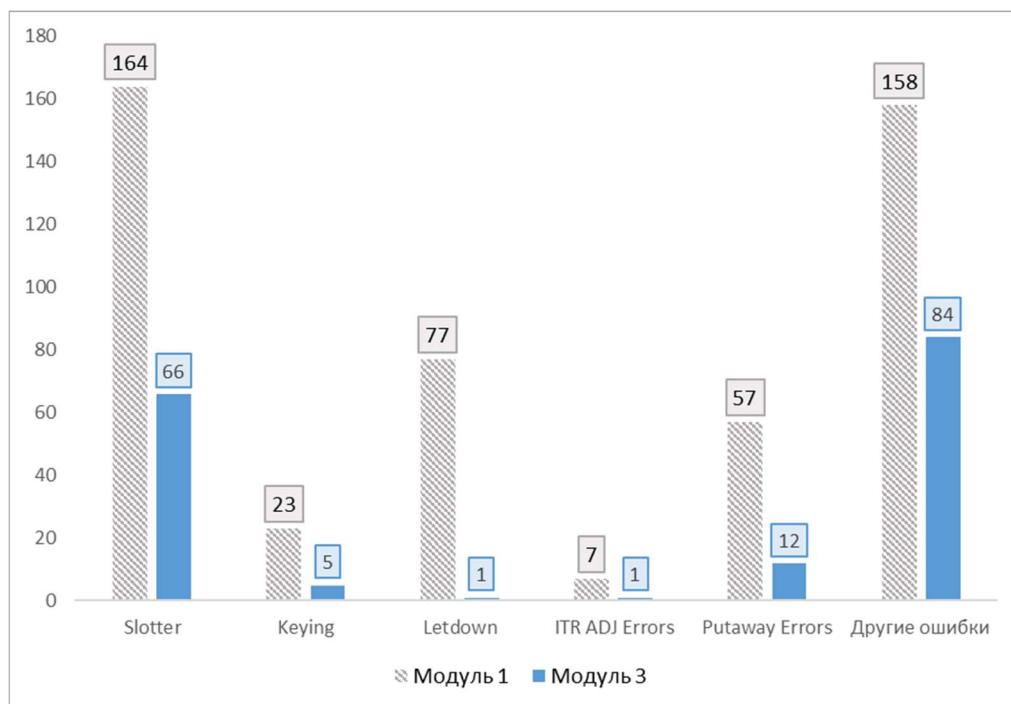


Рисунок 23. Распределение количества ошибок по модулям 1 и 3 раздельно

Источник: составлено автором по Kellog School of Management «Excel Logistics Services»

Исследуя данные, полученные на рисунке 23, можно заметить, что больше всего ошибок произошло в модуле 1 – 74% от общего количества. А насчет модуля 3 можно сказать, что в нем в основном происходят только ошибки вида «Slotter».

Чтобы найти долю дней, когда отклонения превышают 2% уровень, был произведен расчет по следующей формуле:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad 18$$

где Z – значение, используемое для расчета площади (вероятности) под кривой нормального распределения отсекаемой линией;

X – желаемый уровень отклонений процесса;

μ, σ – математическое ожидание и стандартное отклонение, соответственно.

При значении математического ожидания 1,82%, стандартного отклонения 0,15% и при желаемом 2% уровне получаем $Z=1,21$. С использованием таблицы, представленной в приложении 5, была найдена вероятность того, что в каждый из дней доля ошибок не будет превышать 2%, равная 88,69%. Что, в свою очередь, дает возможность утверждать, что в каждый из дней есть вероятность 11,31%, что доля ошибок будет превышать приемлемый уровень.

В данном кейсе также следует осуществить расчет показателя ДРМО, так как он является одним из основных показателей качества в подходе «Шесть сигм», а также данные позволяют это сделать.

Расчет производится по той же формуле, которая была представлена в предыдущем параграфе (количество дефектов разделить на сумму всевозможных дефектов и умножить на 1 млн.). Количество основных дефектов 5, сумма объемов всех выборок составила 36000, количество всех дефектов по всем модулям составило 655. Таким образом, показатель ДРМО равен 3638, что при сопоставлении с таблицей в приложении 3 равно 4,25 сигмам или 99,7% уровню качества процесса.

Суммируя все ранее сказанное, можно сделать вывод, что Спрингфилдскому ЦХР следует более подробно исследовать источник возникновения ошибок, так как, исходя из данных, полученных благодаря контрольным картам, получается, что процесс не находится в

¹⁸ Интернет ресурс: <http://sixsigmaonline.ru/>

состоянии статистического контроля. А если говорить более подробно, то, в первую очередь, стоит заняться ошибками типов «Slotter» и «Letdown» в модуле 1 и ошибками только типа «Slotter» в модуле 3. Также компании следует интегрировать систему постоянного повышения качества, чтобы не допустить повторения таких ситуаций в будущем.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что поставленная гипотеза подтверждена, а именно – перед применением каких-либо методов оценки качества процессов на предприятии, необходимо провести анализ всех процессов и выявить, независимые и взаимозависимые, чтобы в последующем строить анализ по независимым отдельно. Иначе это приведет к неправильной оценке качества что в свою очередь повлечет к увеличению количества отклонений и их стоимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уровень качества процессов является одной из важнейших экономических категорий в современном мире. При анализе качества процессов у фирмы появляется возможность вовремя предупредить негативные отклонения в производстве и организовать необходимые мероприятия, для корректировки процессов. Целью данной работы было выявление особенностей наиболее эффективных и популярных методов анализа качества процессов, в том числе и статистических. Рассмотрим основные выводы, сделанные в процессе написания работы.

В первой главе были систематизированы методы анализа процессов, а конкретно было определено, что существует две основных группы методов анализа качества: систематические и несистематические. На практике чаще всего используются первые, так как их результаты хорошо интерпретируются и при правильном использовании являются довольно точными. Кроме того, систематические методы анализа также можно разделить на группы: анализирующие качество процесса, взаимосвязи между переменными и сущность отклонений. У каждой группы есть свои особенности применения. Так, методы, относящиеся к первой группе, в большей степени зависят от процесса наблюдения, то есть от способа получения данных для анализа и их качества. Применение методов из второй группы зависит от типа данных и какую именно взаимосвязь нужно проверить – между эндогенной и экзогенной переменной или между экзогенными переменными.

Кроме того, стоит отметить, что, благодаря развитию современных технологий, начинает набирать популярность автоматизированный сбор данных, автоматизированные системы, в которые уже встроены все принципы применения статистических методов анализа производственных процессов. Это позволяет еще точнее и оперативнее контролировать процесс.

Также была рассмотрена методология «Шесть сигм». Методология, основываясь на комплексе статистических методов, включает пять взаимосвязанных этапов Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC). Основным направлением методологии «Шесть сигм» является идея о постоянном совершенствовании процессов и снижении количества бракованных изделий. Такие улучшения могут осуществляться за счет радикальных изменений, то есть реинжиниринга процессов или за счет незначительных постоянных усовершенствований (подход Кайдзен). Преимуществами данного метода являются возможность стандартизировать результаты технологических операций и повысить качество

продукции, а также относительно низкая стоимость внедрения. Недостатками являются необходимость в дополнительном обучении сотрудников, а также узость предмета исследования методологии (внимание акцентируется в основном только на технологических операциях). Данная методология позволяет сменить полный контроль на выборочный без снижения уровня качества. Поэтому в настоящее время, она является одним из наиболее популярных комплексных методологий. Чаще всего в России её внедрением занимаются банки.

Во второй главе было проиллюстрировано практическое применение таких статистических методов анализа, как «Контрольные карты», стратификация данных, метод Парасурмана, однофакторный дисперсионный анализ, расчетный показатель DPMO и Z-оценки, а также подтверждены три поставленные гипотезы, а именно: при анализе информации за несколько периодов существует вероятность некачественных результатов анализа из-за занижения/завышения средних и контрольных показателей разных периодов; в некоторых случаях необходимо сегментировать факторы, влияющие на качество процесса, и проводить анализ отдельно, во избежание искажения результата; анализ качества всех процессов в совокупности может привести также к искажению результатов этого анализа из-за наличия в нем невязанных процессов. При помощи метода «Контрольные карты» было выяснено, что в двух кейсах, а именно при анализе рекламаций компании International Paper и отклонений в кейсе «Excel Logistics Services», ситуация не находится в состоянии статистического контроля. Также были выявлены ситуации, когда значения показателей выходили за пределы контрольных границ и наблюдалась тенденция при анализе рекламаций. В рамках описания второго кейса был проведен опрос методом Парасурмана и проанализированы его результаты. Также было выявлено, что исследуемой столовой характерны факторы, не удовлетворяющие ожидания потребителей, а при расчете показателя DPMO оказалось, что качество процесса предоставления услуг в столовой находится на критическом уровне. Также при применении однофакторного дисперсионного анализа обнаружилось, что необходимо отдельно учитывать ответы респондентов в опросе исходя из половой принадлежности.

По итогам проделанной работы можно сделать вывод о том, что статистические методы анализа качества процессов, основанные на теории вероятностей и математике, дают довольно точную оценку уровня качества, позволяют прогнозировать его значение, тем самым решая ряд проблем на предприятии. Таким образом, все задачи, поставленные в начале работы, выполнены. Также была достигнута цель выпускной квалификационной работы – выявление

особенностей наиболее эффективных и популярных методов анализа качества процессов, в том числе и статистических.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Государственные стандарты Российской Федерации

1. ГОСТ Р 50779.40-96 Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение.
2. ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.
3. ГОСТ Р 50779.43-99 Статистические методы. Приемочные контрольные карты.
4. ГОСТ Р 50779.44-99 Статистические методы. Показатели возможностей процессов.
5. ГОСТ Р 50779.45-2002 Статистические методы. Контрольные карты кумулятивных сумм. Основные положения.
6. ГОСТ Р 50779.46-2012/ISO/TR 22514-4:2007 Статистические методы. Управление процессами. Часть 4. Оценка показателей воспроизводимости и пригодности процесса
7. ГОСТ Р ИСО 13053-2-2015 Статистические методы. Количественные методы улучшения процессов "Шесть сигм". Часть 2. Методы

Учебники, учебные пособия, научные книги

8. Kumar D. Six Sigma Best Practices: A Guide to Business Process Excellence for Diverse Industries / J. Ross Publishing, 2006. — 496 с.
9. Montgomery, Douglas, C. Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition / Elm Street Publishing Services, 2009 — 754 с.
10. Горленко О. А., Борбаць Н. М. Статистические методы в управлении качеством: учебник и практикум для вузов 2-е изд., испр. и доп. / Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 306 с.
11. Минашкин В. Г. Статистика: учебник для академического бакалавриата / Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 448 с.
12. Панде П., Холп Л. Что такое «шесть сигм»? Революционный метод управления качеством //М.: Альпина Бизнес Букс. – 2005. — 158 с.
13. Рожков Н. Н. Статистические методы контроля и управления качеством продукции: учебное пособие для академического бакалавриата 2-е изд., перераб. и доп. / Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 154 с.
14. Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа: учебное пособие / Москва: Издательство Юрайт, 2015. – 300 с.

Статьи в журналах и других периодических изданиях

15. Briski K. A. et al. Minimizing code defects to improve software quality and lower development costs //Development Solution White Paper IBM. – 2008. P. 12.
16. Deming, W. E. Report Card on TQM / W. E. Deming // Management Review. – 1994. – January. – P. 22–25.
17. Levinson W. A. The 3-D Pareto Chart. A better graph to improve visualization and error response // Quality Progress. - 2016.
18. Meza-Jiménez J., Escamilla-López M., Llamas-Cabello R. Statistical Process Control: A Vital Tool for Quality Assurance //Lean Manufacturing in the Developing World. – Springer, Cham, 2014. – С. 65-86.
19. Rodríguez-Borbón M. I., Rodríguez-Medina M. A. Statistical Process Control //Lean Manufacturing in the Developing World. – Springer, Cham, 2014. – С. 47-63.
20. Альсас Б. М. Внедрение методологии «Шесть сигм» в фармацевтической отрасли //Управление качеством в образовании и промышленности – 2017. – С. 5-10.

21. Анцев В. Ю., Витчук Н. А. Модель выбора комбинации методов управления качеством и инструментов контроля качества для анализа и совершенствования производственных процессов // *Качество в обработке материалов*. – 2017. – №. 1. – С. 5-9.
22. Бажанов В. Ю., Кравченко Ю. А. Исследование статистических данных методами корреляционно-регрессионного анализа // *Вестник Московского финансово-юридического университета*. – 2012. – №. 2.
23. Быков Ю. М., Быков С. Ю. SPC. Статистическое управление процессами. – 2017. – С. 49
24. Горленко О.А., Борбаць Н.М., Можаяева Т.П. Совершенствование менеджмента организации // *Менеджмент в России и за рубежом*. 2016. № 3. С. 99–104.
25. Дворянинова О. П. и др. Оценка качества хлебобулочных изделий с применением статистических методов анализа // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. – 2019. – Т. 81. – №. 1 (79).
26. Дмитриев А. Я., Митрошкина Т. А., Шутемова Е. В., Кончиц А. В. Совершенствование сборочных процессов с использованием методики планирования экспериментов ЛИС-ХИН и метода анализа рисков FMEA / Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2015. – № 8. – С. 44–48.
27. Дороганов В. С., Пимонов А. Г. Методы статистического анализа и нейросетевые технологии для прогнозирования показателей качества металлургического кокса // *Вестник Кемеровского государственного университета*. – 2014. – Т. 3. – №. 4 (60).
28. Дубравицкая В.В. и др. Контрольные карты Хотеллинга// *Инновационные технологии в промышленности и информатике* – 2019 – С. 410-412
29. Каблашова И. В., Володина Н. Л. Методический подход к анализу качества процессов производства на высокотехнологичном предприятии // *ЭКОНОМИНФО*. – 2017. – №. 4.
30. Калинин В. С. и др. Анализ экономических данных с помощью диаграмм Парето // *Наука сегодня: проблемы и перспективы развития* – 2016. – С. 46.
31. Карамышев А. Н. и др. Анализ процессной методологии управления «Шесть сигм». – 2017.
32. Кизим А. А., Шварченко В. В. Применение бережливого производства компаниями сферы услуг // *Экономика устойчивого развития*. – 2014. – №. 4. – С. 94-106.
33. Копытцева К. А., Ходыревская С. В. Анализ применения методов, выявляющие дефекты в производственном процессе и контролирующие качество продукции // *Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки*. – 2016. – С. 312-315.
34. Кортон С. В., Кувшинский Ю. В., Салимова А. В. Формирование современных статистических методов анализа процессов в эволюционной модели системы менеджмента качества // *Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление*.—2013.—№ 3. – 2013. – №. 3. – С. 26-36.
35. Лихачева Л. Б., Назина Л. И. Улучшение процессов организации на основе концепции «Шесть сигм» // *Экономика. Инновации. Управление качеством*. – 2015. – №. 2. – С. 50-53.
36. Ляндау Ю. В. Концептуальные основы процессного управления // *Глобальный научный потенциал*. – 2013. – №. 10. – С. 114-119.
37. Майборода К. В., Гусакова Д. А. Практическое применение концепции "Шесть сигм" в работе предприятия // *Вестник молодых ученых Самарского государственного экономического университета*. – 2015. – №. 2. – С. 103-109.

38. Можаяева Т. П. Статистическое оценивание SWOT-анализа процессов в системе менеджмента качества // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2017. – №. 1. – С. 39-44.
39. Назаров В. А. Обоснования инновационной привлекательности концепции "Шесть сигм" в области эффективного контроля качества организации // Вестник Университета Российской академии образования. – 2009. – №. 5. – С. 133-135.
40. Назина Л. И., Кульнева Н. Г., Мельченко А. С. Метод "шесть сигм" как основа для повышения качества и конкурентоспособности продукции свеклосахарного производства // Экономика. Инновации. Управление качеством. – 2013. – №. 4. – С. 96-98.
41. Новаторов Э. В. «Мягкие» и «Жесткие» исследовательские подходы к изучению, измерению и совершенствованию качества медицинских услуг // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2017. – №. 5.
42. Нуретдинова Ю.В., Степанова В.А., Бояркина А.А. Качество продукции как основа конкурентоспособности предприятия // International Journal of Humanities and Natural Sciences – 2016. – С. 174
43. Орлов А. И. Проверка статистической гипотезы однородности математических ожиданий двух независимых выборок: критерий Крамера-Уэлча вместо критерия Стьюдента // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 110.
44. Павленков М. Н., Кемайкин Н. К. Инструменты контроллинга повышения качества управления в сфере жилищно-коммунального хозяйства // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2013. – №. 4. – С. 82-88.
45. Пантюхин О. В., Лялин В. М., Тарасова Н. А. Управление качеством изделий массового производства с применением теории нейронных сетей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – №. 2.
46. Плотникова И. В., Редько Л. А. Статистические методы и анализ проблем управления качеством // Стандарты и качество. – 2017. – №. 3. – С. 37-43.
47. Просвирина И. И., Иванов Н. В. Эффективность внедрения системы управления качеством «Шесть сигм» // Экономика и бизнес. Взгляд молодых. – 2016. – Т. 1. – №. 1. – С. 219-222.
48. Реброва И. А. Планирование эксперимента // М.: СибАДИ Омск. – 2010. – Т. 107.
49. Сидорова А. И., Егоров А. Н. Применения статистических методов анализа и контроля качества при управлении технологическими процессами в производственных условиях // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – №. 7-2. – С. 461-464.
50. Соколова Е. А. Количественные методы улучшения процессов «Шесть сигм». Методология DMAIC // Наука и общество в эпоху перемен. – 2019. – №. 1. – С. 44-47.
51. Тодирка М. Н. Статистические методы контроля качества как средство анализа системы менеджмента качества // Российская научно-техническая конференция с международным участием. Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике Сборник докладов конференции. – 2019. – С. 446-448.
52. Тушавин В. А. Развертывания функции качества для процессов технической поддержки информационных систем // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2014. – №. 4. – С. 4.

53. Хамханов К. М. Основы планирования эксперимента. /Хамханов КМ Методическое пособие //Издательство: ВСГУТУ. –2001. –94с.
54. Хуан Э. Методология "Шесть Сигм" в системе управления качеством продукции предприятия //Наука и устойчивое развитие общества. Наследие ВИ Вернадского. – 2011. – №. 9. – С. 55-56.
55. Чернышёва В. В., Пегина А. Н., Оробинский Ю. И. Статистический анализ параметров качества продукции//Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – №. 8-3. – С. 63-66.
56. Чичко А. Н., Феклистова Л. А. Алгоритмизация расчета статистических индексов воспроизводимости процесса и оценка вкладов технологических этапов в формирование качества метизной продукции металлургического производства //Литьё и металлургия. – 2009. – №. 4 (53).
57. Шахрул К., Исхак А. А., Джошуа Ч. Р. Д. Применение методологии Lean Six Sigma на предприятиях малого и среднего бизнеса на примере типографии //Методы менеджмента качества. – 2015. – №. 9. – С. 10-16.
58. Яндыганова Л. В. Применение диаграммы Парето для выявления причин возникновения производственных дефектов (на примере «МАРИЙСКИЙ НПЗ»)// Качество в производственных и социально-экономических системах сборник научных трудов 7-й Международной научно-технической конференции. – 2019. – С. 202-206.

Интернет источники

59. Автоматизация СМК: [сайт] – URL: https://www.kpms.ru/QMS_automation.htm (дата обращения 17.11.19). – Режим доступа: свободный
60. Использование искусственного интеллекта – неотвратимое будущее промышленности: [сайт] – URL: <https://softline.ru/about/blog/ispolzovanie-iskusstvennogo-intellekta-neotvratimoe-buduschee-promyishlennosti> (дата обращения 07.04.20). – Режим доступа: свободный
61. Как работает искусственный интеллект: [сайт] – URL: <https://hi-news.ru/technology/kak-rabotaet-iskusstvennyj-intellekt.html> (дата обращения 20.12.19). – Режим доступа: свободный
62. Как работают искусственный интеллект, машинное и глубокое обучение: [сайт] – URL: <https://www.rbc.ru/trends/industry/5e845cec9a794747bf03e2c9> (дата обращения 25.12.19). – Режим доступа: свободный
63. Как раннее тестирование влияет на стоимость продукта: [сайт] – URL: <https://xbsoftware.ru/blog/kak-ranee-testirovanie-vliyaet-stoimost-produkta/> (дата обращения 16.11.19). – Режим доступа: свободный
64. Карты контроля качества: [сайт] – URL: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stquacon.html#variables> (дата обращения 11.10.19). – Режим доступа: свободный
65. Контрольные карты Шухарта в России и за рубежом: краткий обзор современного состояния (статистические аспекты): [сайт] – URL: <http://gia-stk.ru/upload/image/stq/2011/N8/082011-1.pdf> (дата обращения 23.03.20). – Режим доступа: свободный
66. Методология «Six Sigma»: [сайт] – URL: <http://econom-lib.ru/3-54.php> (дата обращения 02.11.19). – Режим доступа: свободный

67. Планирование эксперимента: [сайт] – URL: <https://www.statmethods.ru/statistics-metody/planirovanie-eksperimentov/> (дата обращения 16.10.19). – Режим доступа: свободный
68. Статистические методы управления качеством: [сайт] – URL: <http://www.metrologie.ru/qualitymanagement-stat1.htm> (дата обращения 14.11.19). – Режим доступа: свободный

Приложение 2 – Данные опроса потребителей столовой по адресу: ул. Чайковского, 62

| Укажите свой возраст | Укажите свой пол | Эталон | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------|---|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---|--------------------------|----------------------|--|----------------------|---|-------------------------|
| | | Оборудование - стерильность и современность | Интерьер помещения | Опрятность персонала | Репутация учреждения | Скорость обслуживания | Наличие описания состава блюд и отсутствие в нем ошибок и неточностей | Аккуратность подачи блюд | Дисциплина персонала | Помощь персонала (например, называет цену запрашиваемого блюда или его состав) | Вежливость персонала | Персонал уверено отвечает на заданные вопросы | Рабочие часы учреждения |
| 18 | Женский | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 18 | Женский | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 20 | Женский | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 20 | Женский | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 20 | Женский | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 |
| 21 | Женский | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 |
| 22 | Женский | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 22 | Женский | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 22 | Женский | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| 20 | Мужской | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 21 | Мужской | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 21 | Мужской | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Мужской | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 22 | Мужской | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| 22 | Мужской | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 |

| Укажите свой возраст | Укажите свой пол | улица Чайковского, 62 | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------|---|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---|--------------------------|----------------------|--|----------------------|---|-------------------------|
| | | Оборудование - стерильность и современность | Интерьер помещения | Опрятность персонала | Репутация учреждения | Скорость обслуживания | Наличие описания состава блюд и отсутствие в нем ошибок и неточностей | Аккуратность подачи блюд | Дисциплина персонала | Помощь персонала (например, называет цену запрашиваемого блюда или его состав) | Вежливость персонала | Персонал уверено отвечает на заданные вопросы | Рабочие часы учреждения |
| 18 | Женский | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 |
| 18 | Женский | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| 20 | Женский | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 |
| 20 | Женский | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| 20 | Женский | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 21 | Женский | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| 21 | Женский | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 |
| 21 | Женский | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| 21 | Женский | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 21 | Женский | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 22 | Женский | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 22 | Женский | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 22 | Женский | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 |
| 20 | Мужской | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 21 | Мужской | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Мужской | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Мужской | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 22 | Мужской | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 22 | Мужской | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |

Приложение 3 – DPMO: Sigma Level Table

| σ | Defect Rate, % | DPMO | σ | Defect Rate, % | DPMO |
|----------|----------------|--------|----------|----------------|-------|
| 0 | 6,68 | 933193 | | | |
| 0,125 | 8,46 | 915434 | 3,125 | 94,79 | 52081 |
| 0,25 | 10,56 | 894350 | 3,25 | 95,99 | 40059 |
| 0,375 | 13,03 | 869705 | 3,375 | 96,96 | 30396 |
| 0,5 | 15,87 | 841345 | 3,5 | 97,72 | 22750 |
| 0,625 | 19,08 | 809213 | 3,625 | 98,32 | 16793 |
| 0,75 | 22,66 | 773373 | 3,75 | 98,78 | 12224 |
| 0,875 | 26,6 | 734014 | 3,875 | 99,12 | 8774 |
| 1 | 30,85 | 691462 | 4 | 99,38 | 6210 |
| 1,125 | 35,38 | 646170 | 4,125 | 99,57 | 4332 |
| 1,25 | 40,13 | 598706 | 4,25 | 99,7 | 2980 |
| 1,375 | 45,03 | 549738 | 4,375 | 99,8 | 2020 |
| 1,5 | 50 | 500000 | 4,5 | 99,87 | 1350 |
| 1,625 | 54,97 | 450262 | 4,625 | 99,91 | 889 |
| 1,75 | 59,87 | 401294 | 4,75 | 99,94 | 577 |
| 1,875 | 64,62 | 353830 | 4,875 | 99,96 | 369 |
| 2 | 69,15 | 308538 | 5 | 99,98 | 233 |
| 2,125 | 73,4 | 265986 | 5,125 | 99,986 | 144 |
| 2,25 | 77,34 | 226627 | 5,25 | 99,991 | 88 |
| 2,375 | 80,92 | 190787 | 5,375 | 99,995 | 53 |
| 2,5 | 84,13 | 158655 | 5,5 | 99,997 | 32 |
| 2,625 | 86,97 | 130295 | 5,625 | 99,998 | 19 |
| 2,75 | 89,44 | 105650 | 5,75 | 99,9989 | 11 |
| 2,875 | 91,54 | 84566 | 5,875 | 99,9994 | 6 |
| 3 | 93,32 | 66807 | 6 | 99,9997 | 3 |

Приложение 4 – Данные кейса «Excel Logistics Services»

| Модуль 1 и 3 в совокупности | | | | | | |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|----------------|----------------|---------------|
| Дата | Slotter | Keying | Letdown | ITR ADJ Errors | Putaway Errors | Другие ошибки |
| 01/06 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 02/06 | 11 | 2 | 1 | 2 | 2 | 7 |
| 03/06 | 11 | 2 | 0 | 2 | 4 | 4 |
| 04/06 | 6 | 6 | 0 | 0 | 2 | 11 |
| 05/06 | 6 | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 |
| 06/06 | 19 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| 07/06 | 11 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 08/06 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 16 |
| 09/06 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 3 |
| 10/06 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| 11/06 | 5 | 0 | 3 | 0 | 0 | 7 |
| 12/06 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 22 |
| 13/06 | 4 | 1 | 3 | 0 | 4 | 5 |
| 14/06 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 19 |
| 15/06 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 16/06 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 17/06 | 4 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 18/06 | 3 | 1 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| 19/06 | 4 | 0 | 3 | 0 | 2 | 1 |
| 20/06 | 7 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 |
| 21/06 | 13 | 0 | 2 | 0 | 1 | 9 |
| 22/06 | 7 | 0 | 2 | 0 | 2 | 5 |
| 23/06 | 4 | 0 | 4 | 0 | 1 | 6 |
| 24/06 | 7 | 0 | 0 | 0 | 2 | 7 |
| 25/06 | 2 | 0 | 1 | 0 | 4 | 2 |
| 26/06 | 2 | 0 | 1 | 0 | 4 | 1 |
| 27/06 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 8 |
| 28/06 | 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| 29/06 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 |
| 30/06 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 01/07 | 10 | 0 | 2 | 0 | 1 | 8 |
| 02/07 | 7 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 |
| 03/07 | 4 | 0 | 1 | 0 | 6 | 1 |
| 04/07 | 6 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| 05/07 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 06/07 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 07/07 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 19 |
| 08/07 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 09/07 | 5 | 2 | 2 | 0 | 1 | 6 |
| 10/07 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 11/07 | 9 | 0 | 3 | 0 | 0 | 8 |
| 12/07 | 9 | 0 | 3 | 0 | 0 | 8 |
| 13/07 | 4 | 0 | 2 | 0 | 5 | 0 |
| Всего | 230 | 28 | 78 | 8 | 69 | 242 |

| Модуль 1 | | | | | | |
|----------|---------|--------|---------|----------------|----------------|---------------|
| Дата | Slotter | Keying | Letdown | ITR ADJ Errors | Putaway Errors | Другие ошибки |
| 01/06 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 02/06 | 10 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 03/06 | 9 | 1 | 0 | 2 | 4 | 2 |
| 04/06 | 6 | 6 | 0 | 0 | 2 | 7 |
| 05/06 | 3 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| 06/06 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 07/06 | 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 08/06 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 16 |
| 09/06 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 |
| 10/06 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 11/06 | 5 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 12/06 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 21 |
| 13/06 | 4 | 1 | 3 | 0 | 3 | 5 |
| 14/06 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 15/06 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 16/06 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17/06 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 18/06 | 3 | 1 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| 19/06 | 3 | 0 | 3 | 0 | 2 | 1 |
| 20/06 | 7 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| 21/06 | 13 | 0 | 2 | 0 | 0 | 8 |
| 22/06 | 7 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 23/06 | 4 | 0 | 4 | 0 | 1 | 4 |
| 24/06 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| 25/06 | 2 | 0 | 1 | 0 | 4 | 2 |
| 26/06 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 |
| 27/06 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 5 |
| 28/06 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| 29/06 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| 30/06 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| 01/07 | 8 | 0 | 2 | 0 | 1 | 7 |
| 02/07 | 7 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 |
| 03/07 | 2 | 0 | 1 | 0 | 6 | 1 |
| 04/07 | 4 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| 05/07 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 06/07 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 07/07 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 15 |
| 08/07 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 09/07 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 10/07 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 11/07 | 7 | 0 | 3 | 0 | 0 | 8 |
| 12/07 | 7 | 0 | 3 | 0 | 0 | 8 |
| 13/07 | 2 | 0 | 2 | 0 | 5 | 0 |
| 14/07 | 0 | 0 | 3 | 0 | 8 | 0 |
| 15/07 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| Всего | 164 | 23 | 77 | 7 | 57 | 158 |

| Модуль 3 | | | | | | |
|----------|---------|--------|---------|----------------|----------------|---------------|
| Дата | Slotter | Keying | Letdown | ITR ADJ Errors | Putaway Errors | Другие ошибки |
| 01/06 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| 02/06 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| 03/06 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 04/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 05/06 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 06/06 | 18 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| 07/06 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 08/06 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 10/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 11/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 12/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 13/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 14/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| 15/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 17/06 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 18/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19/06 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 21/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 22/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 23/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 24/06 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 25/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26/06 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 27/06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 28/06 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 29/06 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 30/06 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 01/07 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 02/07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03/07 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04/07 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05/07 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 06/07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 07/07 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 08/07 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09/07 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 10/07 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11/07 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12/07 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13/07 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14/07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 15/07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Всего | 66 | 5 | 1 | 1 | 12 | 84 |

