

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Методические указания по выполнению курсовой работы
для студентов специальности
1-54 01 01-04 «Метрология, стандартизация и сертификация
(легкая промышленность)»

Витебск
2018

УДК 658.513:519.22

Составитель:

И. С. Карпушенко

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ», протокол № 8 от 30.11.2017.

Статистические методы контроля качества: методические указания по выполнению курсовой работы / сост. И. С. Карпушенко. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 42 с.

Методические указания содержат требования к структуре и содержанию курсовой работы, методические рекомендации по разработке тематики ее основных разделов, справочные данные и рекомендуемые информационные источники. Методические указания предназначены для студентов специальности 1-54 01 01-04 «Метрология, стандартизация и сертификация (легкая промышленность)» высших учебных заведений очной и заочной форм обучения.

УДК 658.513:519.22

© УО «ВГТУ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	6
2.1 Элементарная статистическая обработка результатов контроля качества	6
2.2 Корреляционно-регрессионный анализ результатов контроля качества	10
2.3 Построение контрольной карты по результатам контроля качества и определение воспроизводимости процесса	14
2.4 Причинно-следственный и Парето-анализ результатов контроля качества	21
2.5 Статистический приемочный контроль качества продукции	25
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	26
ПРИЛОЖЕНИЯ	27

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших положений всеобщего менеджмента качества является принятие решений, основанных на фактах. Совершенствование качества продукции и процессов требует постоянной системной работы персонала предприятия по установлению причин возникновения несоответствий и их устранению. Объектами контроля качества в условиях производства является как продукция, так и технологические процессы ее изготовления. Наиболее совершенные и рациональные способы организации такого контроля основаны на использовании статистических методов. То есть статистические методы играют важную роль в объективной оценке количественных и качественных характеристик процесса и являются одним из важнейших элементов системы обеспечения качества продукции и процессов. По сути, статистические методы – это методы анализа статистических данных, собранных в процессе контроля качества. В качестве инструментария для этих целей применяют универсальные методы математической статистики, теории вероятностей, а также специфические методы, использование которых ограничено той или иной сферой применения. Имеются в виду такие методы, как статистический приемочный контроль, статистическое регулирование технологических процессов, надёжность и испытания, планирование экспериментов и другие.

Практика внедрения и активного использования статистических методов контроля качества на предприятиях различных отраслей – это одна из актуальных задач отечественной промышленности в области менеджмента качества. Это обстоятельство определяет потребность производственной сферы в квалифицированных специалистах в данной области с теоретической подготовкой и практическими навыками применения статистических методов контроля качества продукции (процессов) и анализа результатов.

Целью курсовой работы по дисциплине «Статистические методы контроля качества» является закрепление студентами специальности 1-54 01 01-04 «Метрология, стандартизация и сертификация (легкая промышленность)» практических навыков, полученных при изучении данной учебной дисциплины. Специфика тематики и содержания курсовой работы отражает межпредметную связь с такими дисциплинами, как «Высшая математика» и «Менеджмент качества» и включает задания как в области управления и обеспечения качества, так и математической статистики.

Задачи, решаемые в процессе курсового проектирования, моделируют практику применения статистических методов контроля качества в условиях производства, начиная с элементарной статистической обработки данных и заканчивая аналитическими задачами по поиску причин несоответствий продукции или изменчивости процессов, разработке корректирующих мероприятий.

Курсовое проектирование по дисциплине «Статистические методы контроля качества» направлено на повышение профессиональных компетенций будущих специалистов и их конкурентоспособности и востребованности на рынке труда.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовая работа состоит из пяти разделов и выполняется в соответствии с данными методическими указаниями по индивидуальным для каждого вариантам заданий. Порядок установления варианта для группы устанавливает преподаватель.

Тема работы: **«Обработка и анализ результатов контроля качества с применением статистических методов».**

Структура расчетно-пояснительной записки в обязательном порядке должна включать:

- задание;
- содержание;
- введение;
- обработку и анализ результатов контроля качества с применением методов:
 - элементарной статистики;
 - корреляционно-регрессионного анализа;
- построение и анализ контрольных карт по результатам контроля качества, определение воспроизводимости процесса;
- анализ результатов контроля качества с последовательным применением:
 - диаграмм Парето;
 - схемы Исикава (причинно-следственный анализ);
- изучение порядка организации и проведения статистического приемочного контроля качества продукции;
- заключение о результатах курсовой работы с краткими выводами по каждому разделу;
- список использованных источников.

Расчетно-пояснительная записка выполняется на белой бумаге формата А4 на одной стороне листа. Записка выполняется аккуратно, в соответствии с требованиями к оформлению, изложенными в [1, 2].

По тексту работы все расчеты должны сопровождаться теоретическими сведениями о статистических характеристиках, формулами для их расчета и непосредственно вычислениями со степенью детализации, обеспечивающей возможность их проверки. Обязательным является приведение выводов и заключений по результатам расчетов.

Необходимые графические материалы (гистограммы, графики, схемы) приводятся в тексте расчетно-пояснительной записки в масштабе, четкости и контрастности, обеспечивающих их свободное прочтение. При использовании в расчетах и при построении графических объектов компьютерных программ и приложений, обязательной является ссылка на них в тексте работы. Допускается написание формул и создание графических изображений рукописным способом.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Введение является вступительной частью курсовой работы, которая должна в обязательном порядке содержать теоретические сведения о контроле качества в целом и областях применения статистических методов в промышленности. Во введении следует раскрыть сущность и назначение статистических методов анализа качества продукции, регулирования технологических процессов, приемочного контроля качества продукции и т. д. Приветствуется изложение во введении сведений об эволюции статистических методов, их месте и роли в структуре систем менеджмента качества предприятий, обзор современного программного обеспечения, применяемого в данной области и др.

Введение заканчивается формулировкой цели курсовой работы и задач, которые необходимо решить в процессе курсового проектирования. Целью курсовой работы является изучение приемов применения различных статистических методов для анализа результатов контроля качества, получение практических навыков их интерпретации, закрепление теоретических знаний по основным разделам курса «Статистические методы контроля качества». Основные задачи курсовой работы:

- изучить и произвести обработку результатов контроля качества с применением методов элементарной статистики и корреляционно-регрессионного анализа;
- построить и проанализировать контрольные карты по результатам контроля качества, определить воспроизводимость процесса;
- провести причинно-следственный и Парето-анализ результатов контроля качества;
- изучить и проанализировать порядок статистического приемочного контроля качества продукции.

Рекомендуемый объем введения – не менее 4 страниц.

2.1 Элементарная статистическая обработка результатов контроля качества

Исходные данные – массив № 1 случайных величин x_i .

В результате контроля качества продукции или параметров технологического процесса ее производства образуется совокупность числовых значений (случайных величин). Базовыми информационными ресурсами для оценки качества продукции и состояния производственных процессов являются основные числовые характеристики (первичные статистики) этих совокупностей (выборки).

Основное назначение каждой из первичных статистик – замена множества значений признака, измеренного в выборке, одним числом (например, средним значением как мерой центральной тенденции). Компактное описание группы при помощи первичных статистик позволяет интерпретировать резуль-

таты измерений, в частности, путем сравнения первичных статистик разных выборок.

Мера центральной тенденции – это число, характеризующее выборку по уровню выраженности. Существуют три основных способа определения «центральной тенденции», каждому из которых соответствует своя мера: среднее, мода и медиана.

Основным видом средней в математической статистике является **средняя арифметическая величина**, которая может быть простой или взвешенной. Если совокупность (выборка) представлена в виде последовательности значений $x_1, x_2, x_3 \dots x_m$, то простая средняя арифметическая величина определяется по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{m}, \quad (2.1)$$

где x_i – значения выборки; m – объем выборки.

Если совокупность (выборка) представлена в виде таблицы распределения частот, то *взвешенная* средняя арифметическая величина определяется по формуле:

$$\bar{x}_{вз} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i x_i}{m}, \quad (2.2)$$

где x_i – значения выборки; n_i – частота появления значения x_i в выборке; m – объем выборки.

Мода – это такое значение из множества измерений, которое встречается наиболее часто. Моде, или модальному интервалу признака, соответствует наибольший подъем (вершина) графика распределения частот. Если совокупность (выборка) представлена в виде таблицы распределения частот, то модой является значение x_i^{mod} , которому соответствует наибольшая частота n_{max} .

Медиана – это значение, которое делит совокупность (выборку), представленную в виде вариационного ряда, на две равных по количеству значений части. *Вариационным рядом* называется статистическая совокупность, значения которой выписаны в порядке возрастания, причем одинаковые значения выписываются столько раз, сколько их имеется в первоначальной совокупности:

$$Me \begin{cases} x_{k+1}, & m = 2k + 1 \\ \frac{x_k + x_{k+1}}{2}, & m = 2k \end{cases} \quad (2.3)$$

где x_i – значения выборки; n_i – частота появления значения x_i в выборке; m – объем выборки.

Проверка случайности значений в выборке (иначе стационарности процесса/свойства, характеризуемого совокупностью) может производиться по непараметрическому критерию длины и числа серий, формируемых по медиане.

На начальном этапе исходная выборка преобразуется в вариационный ряд, по которому находится медиана $Me(x)$. Далее в исходной выборке производится замена числовых значений на знаковые обозначения $+/-$ по правилу: если $x_i > Me(x)$, то $+$, если $x_i < Me(x)$, то $-$, если $x_i = Me(x)$, то данное значение исключается из дальнейшей обработки (в знаковом ряду обозначается «0»).

В знаковом ряду производится подсчет числа серий v_p и протяженности наиболее длинной серии λ_p . Расчетные значения сравниваются с табличными, которые находят по формулам:

$$v_T = E \left\{ \frac{1}{2} (m + 1 - 1,96\sqrt{m - 1}) \right\},$$

$$\lambda_T = E \{ 3,3(1 + \lg(m)) \}.$$
(2.4)

где m – объем выборки; $E \{ \}$ – знак, обозначающий целую часть числа, заключенного в скобки.

Если выполняются неравенства $v_p \geq v_T$ и $\lambda_p \leq \lambda_T$ (как в рассматриваемом примере), то можно утверждать, что значения анализируемой выборки случайны, а процесс, который они характеризуют, – стационарен.

Абсолютными характеристиками рассеяния случайных величин x_i относительно центра распределения \bar{x} является дисперсия $S^2 \{x\}$ и среднее квадратическое отклонение $S \{x\}$. **Дисперсией** называется средний квадрат отклонений всех значений совокупности (выборки) от их среднего

$$S^2 \{x\} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2}{m - 1}.$$
(2.5)

Среднее квадратическое отклонение определяется по формуле

$$S \{x\} = \sqrt{S^2 \{x\}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2}{m - 1}}.$$
(2.6)

Относительной характеристикой рассеяния случайной величины является коэффициент вариации $C_V \{x\}$

$$C_V \{x\} = \frac{S \{x\}}{\bar{x}}.$$
(2.7)

Если данная величина выражается в процентах, то она называется **квadraticкой неровнотой** $C_{V\%} \{x\}$

$$C_{V\%} \{x\} = \frac{S \{x\}}{\bar{x}} \cdot 100\%.$$
(2.8)

Исключение резко выделяющихся значений совокупности статистическим методом в курсовой работе производится по двум критериям:

■ **критерий трех сигм «3σ»:**

$$\begin{aligned} x_{max} - \bar{x} &> 3S(x), \\ \bar{x} - x_{min} &> 3S(x). \end{aligned} \quad (2.9)$$

Если неравенства выполняются, то резко выделяющиеся значения не исключаются, если нет – то соответствующее значение x_{max} и/или x_{min} исключают из совокупности, повторяют расчет \bar{x} , $S^2(x)$, $S(x)$ и снова проверяют выполнение условий неравенства. Процедуру повторяют до полного исключения резко выделяющихся значений;

■ **критерий Смирнова-Граббса**, расчетные значения критерия определяют по формулам:

$$V_{R\ max} = \frac{x_{i\ max} - \bar{x}}{S(x)} \cdot \sqrt{\frac{m}{m-1}}, \quad V_{R\ min} = \frac{\bar{x} - x_{i\ min}}{S(x)} \cdot \sqrt{\frac{m}{m-1}}. \quad (2.10)$$

Полученные значения $V_{R\ max/min}$ с табличным V_T (приложение А), если $V_{R\ max/min}$ больше V_T , то соответствующее значение X_i необходимо исключить из совокупности, а затем повторить расчет оценок \bar{x} , $S^2(x)$, $S(x)$. Процедуру повторяют до полного исключения резко выделяющихся значений из совокупности.

Известно, что числовые характеристики меняются от совокупности к совокупности и также являются случайными величинами, которые варьируют с заданной доверительной вероятностью в определенном интервале. При определении точности и надежности числовых характеристик, в частности математического ожидания (среднего значения), рассчитываются **абсолютные и относительные доверительные ошибки**, допущенные при оценке \bar{x} :

$$\varepsilon(\bar{x}) = \frac{2 \cdot S(x)}{\sqrt{m}}, \quad (2.11)$$

$$\delta(\bar{x}) = \frac{2 \cdot C(x)}{\sqrt{m}}. \quad (2.12)$$

Таблица 2.1 – Характеристика точности числовых характеристик по величине относительной ошибки

Относительная ошибка, $\delta(\bar{x})$, %	Характеристика точности
$\leq 2,0$	высокая
$2,1 \div 4,9$	средняя
$5,0 \div 9,9$	низкая
$\geq 10,0$	очень низкая (чаще всего – недопустимая)

Если точность каждой числовой характеристики определяется ее **ошибкой**, то надежность – **доверительной вероятностью**. Задаваясь точностью и надежностью при известной дисперсии случайной величины, можно определить **доверительный объем** испытаний для оценки числовой характеристики.

$$m(\bar{x}) \geq \left\{ \frac{u(P_D) \cdot C(x)}{\delta(\bar{x})} \right\}^2, \quad (2.13)$$

где $u(P_D)$ – квантиль нормального распределения случайной величины ($u(0,95) = 2$).

Раздел курсовой работы в пояснительно-расчетной записке должен содержать:

- расчет средних характеристик выборки: среднего арифметического значения, модального(ых) значения(ий) (при его/их наличии), медианы;
- расчет и оценку стационарности процесса (свойства), характеризуемого выборкой по критерию длины и числа серий, формируемых по медиане (пример в приложении Б);
- расчет абсолютных и относительных характеристик рассеяния значений случайной величины выборки;
- расчет статистических критериев для обоснования исключения резко выделяющихся значений выборки (3σ и Смирнова-Граббса);
- расчет абсолютной и относительной ошибок среднего значения выборки и оценку точности числовой характеристики;
- расчет доверительного объема испытаний для оценки числовых характеристик выборки, задаваясь требуемым уровнем относительной ошибки среднего $\delta(\bar{x}) = 3 \%$.

2.2 Корреляционно-регрессионный анализ результатов контроля качества

Исходные данные – массив № 2 сопряженных величин X_1, X_2, Y .

Контроль качества, как правило, предполагает оценку нескольких параметров (показателей), характеризующих процесс (свойства). Поэтому для выработки корректирующих действий в случае обнаружения негативных тенденций целесообразно установить и оценить взаимосвязь между контролируемыми параметрами (наличие/отсутствие, тесноту). Данные такой оценки дают возможность перейти к математическому описанию объекта (процесса, свойства) с помощью модели. Наличие математической модели объекта и алгоритма управления им обеспечивают условия для оперативного системного регулирования технологическим процессом, качеством продукции и т. п. Зная математическую модель объекта, можно решать задачи прогнозирования, оптимизации, системного подхода к управлению объектом.

По природе исследуемого объекта (процесса) математические модели делятся на вероятностные (стохастические) и детерминированные. Вероятностные математические модели ($Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$) могут быть нескольких видов:

– если выходной параметр модели Y и факторы x_1, x_2, \dots, x_n представляют собой случайные величины с определенным законом распределения, то взаимосвязь между ними и математическую модель называют **корреляционной**;

– если выходной параметр модели Y представляет собой случайную величину, а факторы x_1, x_2, \dots, x_n являются неслучайными, то математическая модель называется **регрессионной**.

Методика определения **корреляционной многофакторной модели** ($Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$) изучается на примере разработки двухфакторной корреляционной модели ($Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$). В результате дискретных измерений факторов X_1, X_2 и выходного параметра Y получают совокупность сопряженных случайных чисел (массивы исходных данных).

Для расчета парного коэффициента корреляции предварительно необходимо определить значения среднего, дисперсии и среднего квадратического отклонения для каждой совокупности:

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{1i}; \quad \bar{X}_2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{2i}; \quad \bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_i; \quad (2.14)$$

$$S^2\{X_1\} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (X_{1i} - \bar{X}_1)^2; \quad S^2\{X_2\} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (X_{2i} - \bar{X}_2)^2; \quad (2.15)$$

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2.$$

Значение **коэффициентов парной корреляции** рассчитывается по формуле

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{(m-1) \cdot S\{X\} \cdot S\{Y\}}. \quad (2.16)$$

В практике исследований процессов легкой промышленности корреляционная связь между случайными величинами считается:

- слабой – при $0,3 \leq |r_{YX}| < 0,4$;
- средней – при $0,4 \leq |r_{YX}| < 0,7$;
- сильной – при $0,7 \leq |r_{YX}| < 0,9$;
- очень сильной – при $0,9 \leq |r_{YX}|$.

По значению коэффициентов парной корреляции необходимо сделать выводы о тесноте корреляционной взаимосвязи между случайными величинами X_1 и Y , а также X_2 и Y .

Значимость рассчитанных коэффициентов корреляции определяется с помощью **критерия Стьюдента**. Расчетное значение критерия определяется по

формуле

$$t_R(r_{YX}) = \frac{r_{YX} \sqrt{m-1}}{\sqrt{1-r_{YX}^2}}. \quad (2.17)$$

Расчётное значение $t_R(r_{XY})$ сравнивается с теоретическим значением t_T , которое определяется по таблице приложения Г при условии, что $P_D = 0,95$ и $f = m - 2$ (m – количество значений в выборке). Если $t_R(r_{YX}) > t_T$, то гипотеза о наличии корреляционной взаимосвязи между x_i и Y не отвергается.

Регрессионный анализ – раздел математической статистики, изучающий связь между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными. Одна из задач регрессионного анализа – оценка коэффициентов регрессии.

Если предположить, что связь между переменными линейна, то соответствующая регрессионная модель имеет вид: $Y = d_0 + d_1x$. Для оценки коэффициентов регрессии, как правило, используется *метод наименьших квадратов*: в качестве оценок принимаются такие значения параметров, которые минимизируют сумму квадратов отклонений наблюдаемых значений Y_i от Y_i^* , значений получаемых в результате подстановки соответствующих значений X_i в уравнение регрессии, то есть *метод наименьших квадратов* основан на минимизации суммы квадратов (рисунок 2.1) – $\sum_{i=1}^m (Y_i - Y_i^*)^2 = \sum_{i=1}^m \varepsilon_i^2 \rightarrow \min$ (для линейной модели регрессии задача минимизации имеет вид: $\sum_{i=1}^m \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^m (Y_i - d_0 - d_1x_i)^2 \rightarrow \min$).

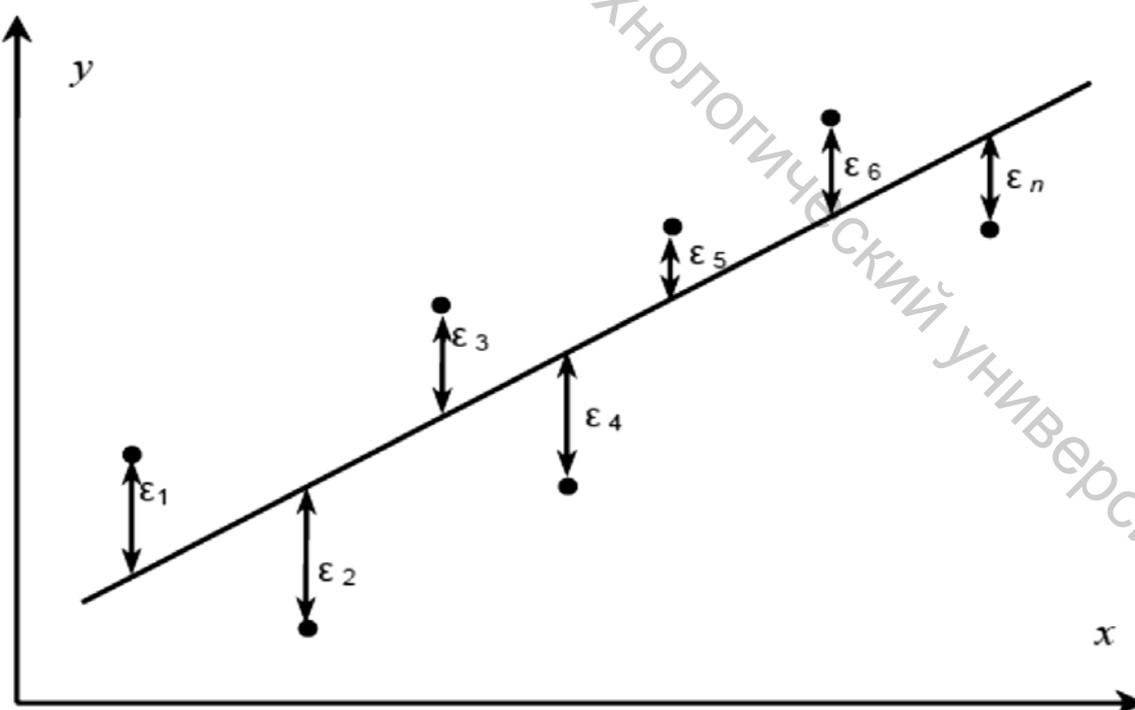


Рисунок 2.1 – Потери остатков (метод наименьших квадратов)

Графически результаты представляются в системе координат в виде корреляционного поля и сопряженных прямых (рисунок 2.2).

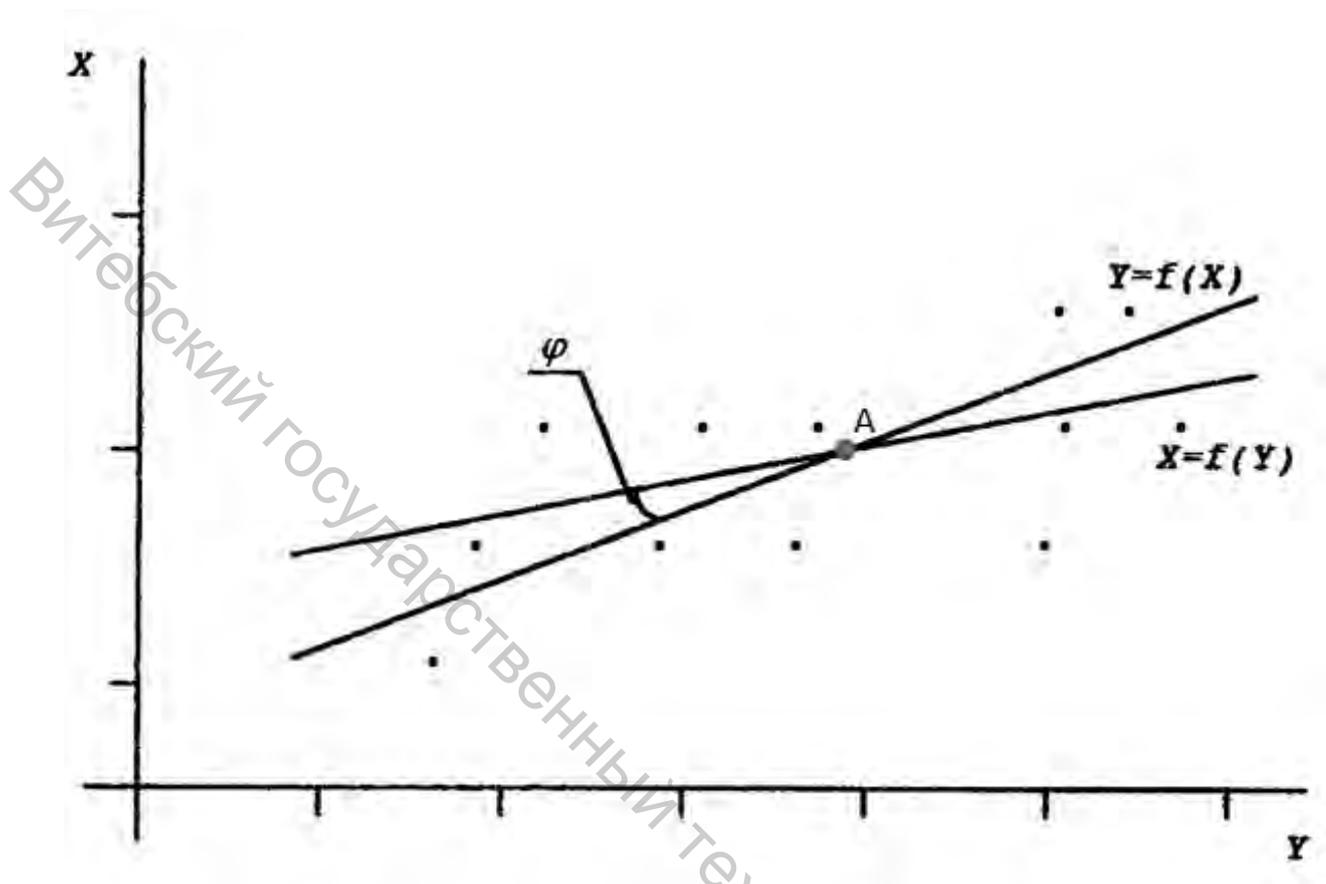


Рисунок 2.2 – Корреляционное поле и сопряженные прямые

Для каждого сочетания переменных (для $Y X_1$ и для $Y X_2$) результаты в графической форме оформляются отдельно. Каждая точка корреляционного поля должна иметь подпись координат, а сопряженные прямые должны иметь подписи соответствующих им уравнений линейной регрессии, а также координаты точки пересечения.

Для трех исходных совокупностей данных X_1 , X_2 и Y строятся пара сопряженных прямых в корреляционном поле:

→ для YX_1 :

$$Y = d_{0x_1} + d_{1x_1} x_1,$$

где $d_{0x_1} = \bar{Y} - r_{X_1Y} \cdot \frac{s(Y)}{s(X_1)} \cdot \bar{x}_1$ $d_{1x_1} = r_{X_1Y} \cdot \frac{s(Y)}{s(X_1)}$

$$x_1 = d_{0Y} + d_{1Y} Y,$$

где $d_{0Y} = \bar{x}_1 - r_{X_1Y} \cdot \frac{s(X_1)}{s(Y)} \cdot \bar{Y}$ $d_{1Y} = r_{X_1Y} \cdot \frac{s(X_1)}{s(Y)}$

→ для YX_2 :

$$Y = d_{0x_2} + d_{1x_2}x_2,$$

$$\text{где } d_{0x_2} = \bar{Y} - r_{X_2Y} \cdot \frac{S(Y)}{S(X_2)} \cdot \bar{x}_2 \quad d_{1x_2} = r_{X_2Y} \cdot \frac{S(Y)}{S(X_2)}$$

$$x_2 = d_{0Y} + d_{1Y}Y,$$

$$\text{где } d_{0Y} = \bar{x}_2 - r_{X_2Y} \cdot \frac{S(X_2)}{S(Y)} \cdot \bar{Y} \quad d_{1Y} = r_{X_2Y} \cdot \frac{S(X_2)}{S(Y)}$$

Раздел курсовой работы в пояснительно-расчетной записке должен содержать:

- теоретические сведения о содержании, области применения и целях корреляционно-регрессионного анализа;
- расчет средних значений и абсолютных характеристик рассеяния значений выборок для каждого массива X_1 , X_2 и Y ;
- расчет парных коэффициентов корреляции для X_1Y и X_2Y и их значимости по критерию Стьюдента;
- расчет коэффициентов регрессионных уравнений сопряженных прямых для X_1Y и X_2Y .

Обязательной является графическая иллюстрация корреляционного поля (с указанием координат или порядковых номеров точек) и сопряженных прямых (с указанием соответствующих им линейных уравнений и координат точки пересечения). Рисунки приводятся в тексте курсовой работы в размерах, обеспечивающих их свободное прочтение, и отдельно для каждой пары переменных X_1Y и X_2Y .

2.3 Построение контрольной карты по результатам контроля качества и определение воспроизводимости процесса

Исходные данные – массив данных № 3, границы допуска.

Посредством статистического регулирования качества можно предупредить брак в производстве и таким образом непосредственно вмешиваться в производственный процесс изготовления изделий.

Техническим вспомогательным средством статистического регулирования является контрольная карта, позволяющая наглядно отразить ход производственного процесса на диаграмме и таким образом выявить нарушения технологии.

В зависимости от назначения готовой продукции и методов ее изготовления разработаны соответствующие виды контрольных карт. Различают карты по **количественным** и **качественным признакам** качества в зависимости от

того, поддается ли количественному измерению или же допускает только качественную оценку.

Статистическое регулирование технологических процессов удобно осуществлять с помощью контрольных карт, на которых отмечают значения определенной статистики, полученной по результатам выборочного контроля. Такими статистиками являются: **количественные** – среднее арифметическое \bar{X} , медиана $Me(X)$, стандартное отклонение S , размах R и **альтернативные** – доля несоответствующих единиц продукции p , количество несоответствующих единиц np , количество несоответствий c и количество несоответствий на единицу продукции u .

На контрольной карте отмечают границы регулирования, ограничивающие область допустимых значений статистики. Контрольная карта является наглядным графическим средством, отражающим состояние технологического процесса. Выход точки за границу регулирования (и появление ее на самой границе) служит сигналом о том, что технологический процесс теряет управляемость (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Примеры контрольных \bar{X} – карт:

а) управляемое состояние процесса; б) неуправляемое состояние процесса

Контрольная карта служит документом, который может быть использован для принятия обоснованных решений по улучшению качества продукции. На основании анализа результатов контрольной карты может быть принято, например, решение о пересмотре допуска на контролируемый параметр, либо это может послужить достаточным основанием для замены или модернизации оборудования. По чувствительности к изменчивости процесса контрольные карты можно разделить на три группы:

1) простые контрольные карты (в иностранной литературе их называют картами Шухарта по имени американского ученого, впервые применившего их для регулирования технологического процесса);

2) контрольные карты с предупреждающими границами, являющиеся модификацией простых контрольных карт;

3) контрольные карты кумулятивных сумм.

Простые контрольные карты наименее чувствительны к изменчивости процесса. Это объясняется тем, что статистики, определяющие состояние технологического процесса, рассматриваются независимо друг от друга, то есть каждый последующий результат выборочного контроля никак не учитывает предыдущую информацию.

Контрольные карты кумулятивных сумм наиболее чувствительны к изменчивости процесса. Так как для оценки состояния технологического процесса здесь не используются накопленные суммы выборочных статистик, например, кумулятивные суммы выборочных средних или кумулятивные суммы выборочных дисперсий. Таким образом, здесь учитывается не только результат контроля текущей выборки, но также используются результаты контроля предыдущих выборок. Решение, принимаемое на основании информации по многим выборкам, является более достоверным, чем решение, основанное на результате лишь одной выборки.

Контрольные карты с предупреждающими границами являются модификацией простых контрольных карт и отличаются от последних наличием, помимо границ регулирования, предупреждающих границ, построенных в зоне границ регулирования. По чувствительности к изменчивости они занимают промежуточное место между простыми контрольными картами и контрольными картами кумулятивных сумм.

Общее назначение системы управления процессом состоит в получении статистического сигнала о наличии *особых (неслучайных) причин* вариаций. Систематическое устранение особых причин избыточной изменчивости приводит процесс в состояние статистической управляемости. Если процесс находится в статистически управляемом состоянии, качество продукции предсказуемо, и процесс пригоден для удовлетворения требований, установленных в ТНПА.

Возможности процесса определяются полной изменчивостью (разбросом процесса), обусловленной обычными причинами, то есть минимальной изменчивостью, которая остается после устранения всех неслучайных причин. Возможности процесса представляют показатели самого процесса в статистически управляемом состоянии. Процесс сначала приводят в такое состояние, а затем определяют его возможности. Таким образом, определение возможностей процесса начинается после того, как задачи управления по \bar{X} - и R-картам решены, то есть особые причины выявлены, проанализированы, скорректированы и их повторение предотвращено. Текущие контрольные карты должны демонстрировать сохранение процесса в статистически управляемом состоянии, по крайней мере, для 25 подгрупп. Далее разброс данных на выходе процесса сравнивается с техническими требованиями для подтверждения того, что эти требования могут быть уверенно выполнены.

В общем случае возможности процесса определяют индексом воспроизводимости процесса. Расчет индекса воспроизводимости процесса *без учета*

центровки (C_p) производится по формуле

$$C_p = (USL - LSL)/k\sigma_R \text{ или } C_p = (USL - LSL)/k\sigma_S, \quad (2.18)$$

где USL и LSL – верхняя и нижняя границы допуска соответственно; k – коэффициент, который зависит от оценки вероятности (при $P_D = 0,997$ $k = 6$, при $P_D = 0,95$ $k = 4$, при $P_D = 0,9$ $k = 3$); $\sigma_{R(S)}$ – оценка собственной изменчивости внутри подгрупп:

$$\sigma_R = \bar{R} / d_2 \text{ или } \sigma_S = \bar{S} / C_4, \quad (2.19)$$

где \bar{R} – среднее значение размаха в подгруппах; \bar{S} – среднее значение среднего квадратического отклонения в подгруппах; C_4, d_2 – стандартные коэффициенты, значения которых зависят от объема выборки n (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Зависимость коэффициентов C_4, d_2 от объема выборки n

n	d_2	C_4	n	d_2	C_4
2	1,128	0,7979	9	2,970	0,9693
3	1,693	0,8862	10	3,078	0,9727
4	2,059	0,9213	11	3,173	0,9754
5	2,326	0,9400	12	3,258	0,9776
6	2,534	0,9515	13	3,336	0,9794
7	2,704	0,9594	14	3,407	0,9810
8	2,847	0,9650	15	3,472	0,9823

При C_p меньше 1 воспроизводимость процесса неприемлема, а при C_p равном 1, процесс находится на грани требуемой воспроизводимости. На практике в качестве минимально приемлемого значения берется $C_p = 1,33$, поскольку всегда есть некоторые вариации в выборках, и нет процессов, которые всегда находятся в статистически управляемом состоянии.

Следует отметить, что C_p измеряет только отношение разброса процесса и допуска, а положение или центрирование процесса не учитывается. При высоких значениях C_p все-таки возможен выход доли значений за установленные пределы. Поэтому важно также оценивать расстояние между средним процесса и ближайшим предельно допустимым значением.

Индекс воспроизводимости процесса с учетом центровки (C_{pk}) производится путем расчета верхнего (CPU) и нижнего (CPL) индекса воспроизводимости по формулам:

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{(k/2) \cdot \sigma_R} \text{ и } CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{(k/2) \cdot \sigma_R}, \quad (2.20)$$

где USL и LSL – верхняя и нижняя границы допуска соответственно; \bar{X} – среднее арифметическое значение средних в подгруппах; σ_R – оценка собственной изменчивости внутри подгрупп (формула 2.19); k – коэффициент, который зависит от оценки вероятности (при $P_D = 0,997$ $k = 6$, при $P_D = 0,95$ $k = 4$, при $P_D = 0,9$ $k = 3$).

В качестве количественной меры индекса воспроизводимости процесса с учетом центровки (C_{pk}) принимается наименьшее из двух рассчитанных значений CPU и CPL .

По значениям C_{pk} и C_p можно определить интервал, в котором находится ожидаемый уровень несоответствий. По значению C_{pk} определяют максимально возможное значение ожидаемого уровня несоответствий, а по значению C_p – минимальное (приложение Е).

Для построения $\bar{X} - R$ карты совокупность исходных данных разделяют на однородные подгруппы по 5–10 значений. Для каждой группы вычисляют среднее значение \bar{X}_i и размах R_i . В рамках заданной совокупности рассчитываются уровни центральных линий CL:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n}, \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \quad (2.21)$$

где n – количество однородных подгрупп, на которые разделена исходная совокупность.

Результаты расчетов целесообразно представить в табличной форме (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Форма представления данных и результатов расчета

№ п/группы	Значения подгруппы	$X_i (max)$	$X_i (min)$	R_i	\bar{X}_i
1	$x_{11} x_{12} x_{13} x_{14} \dots$				
2	$x_{21} x_{22} x_{23} x_{24} \dots$				
3	$x_{31} x_{32} x_{33} x_{34} \dots$				
...					
n	$x_{n1} x_{n2} x_{n3} x_{n4} \dots$				
				$\bar{R} =$	$\bar{\bar{X}} =$

Уровни контрольных линий для построения $\bar{X} - R$ карты вычисляется по следующим формулам:

– для \bar{X} -карты:

Центральная линия	$CL = \bar{\bar{X}} .$	
Верхний контрольный предел	$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} .$	(2.22)
Нижний контрольный предел	$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} .$	

– для R -карты:

Центральная линия	$CL = \bar{R} .$	
Верхний контрольный предел	$UCL = D_3 \bar{R} .$	(2.23)
Нижний контрольный предел	$LCL = D_4 \bar{R} .$	

A_2, D_4, D_3 – коэффициенты, значения которых зависят от объема подгруппы (количество значений в подгруппе) и определяются по таблице приложения Д. Нижний предел R -карты принимается равным 0, если объем группы $n < 7$.

С учетом рассчитанных значений контрольных пределов и центральных линий переходят к их непосредственному графическому нанесению на карту. Далее на карты наносят точки, соответствующие значениям \bar{X}_i для \bar{X} -карты и R_i для R -карты (точки последовательно соединяют).

Пример оформления контрольной $\bar{X} - R$ карты с использованием возможностей Microsoft Excel приведен в приложении Ж.

Анализ взаимного расположения точек на $\bar{X} - R$ карте позволяет сформулировать общие выводы о состоянии процесса, его управляемости и т. п.

Выход одной или нескольких точек за контрольные пределы характеризует состояние процесса как неконтролируемое.

Серией называется состояние процесса, при котором последовательные точки оказываются по одну сторону от центральной линии. Число таких точек называется длиной серии. Серия длиной в 7 точек однозначно трактуется как отклонение от нормы. Состояние является ненормальным и тогда, когда число последовательных точек меньше семи, но не менее 10 из 11 (или 12 из 14, или 16 из 20) точек оказываются по одну сторону от центральной линии.

Тренд – это проявление ненормального состояния процесса, при котором точки (не менее 7 подряд) образуют непрерывно повышающую или понижающую линию (рисунок 2.4).

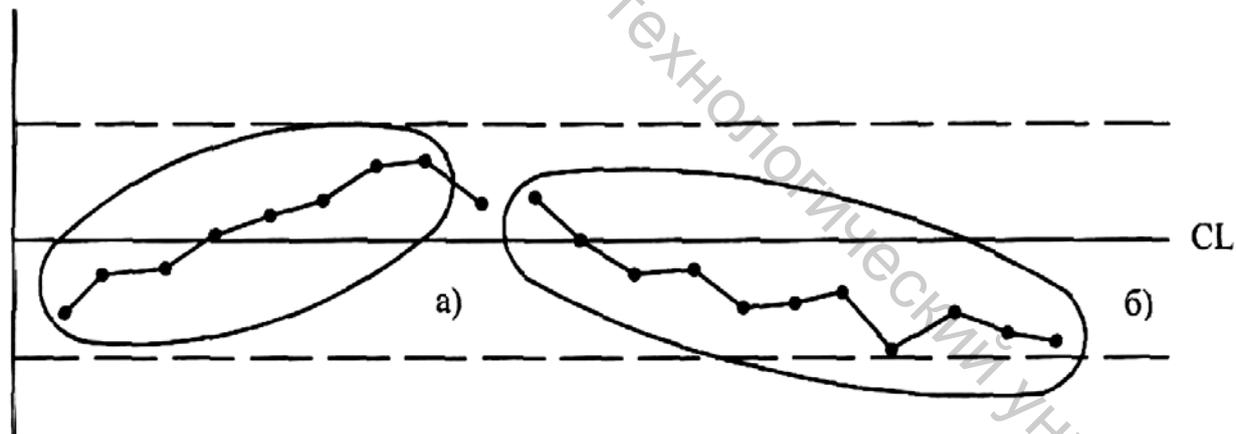


Рисунок 2.4 – Тренд: а) нарастающий, б) убывающий

Приближение к контрольным пределам характеризуется расположением двух из трех последовательных точек на пределах условной линии на уровне $2/3$ расстояния от CL до контрольных пределов. Процесс при этом расположении следует считать ненормальным.

Когда большинство точек концентрируется в зонах $1/2$ расстояния от контрольных пределов выше и ниже CL , процесс считается ненормальным, что обусловлено неверным способом разбиения данных измерений на группы. *Приближение к центральной линии* (отсутствие вариабельности) не означает, что

достигнуто контролируемое состояние, напротив, в группах смешиваются данные из различных распределений, что делает размах контрольных пределов слишком широким.

Состояние, когда точки располагаются по кривой, напоминающей синусоиду с приблизительно одинаковыми периодами, называется *периодичностью*, а процесс считается ненормальным (рисунок 2.5).

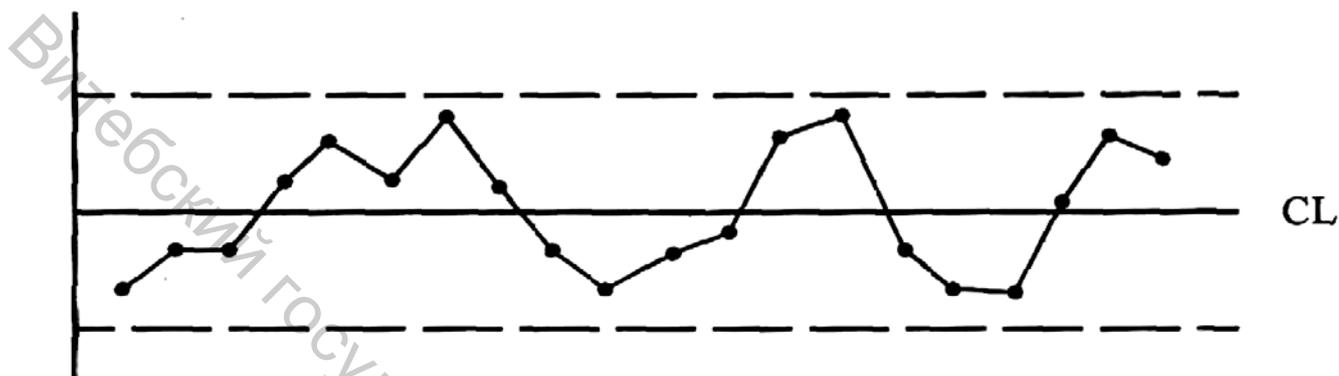


Рисунок 2.5 – Периодичность

При анализе контрольных карт обязательно необходимо сравнивать полученные данные с границами допуска на контролируемый параметр. При нормальном распределении случайных величин в совокупности и отсутствии центрального смещения возможны варианты сочетания данных контрольной карты и соблюдения границ допуска, представленные на рисунке 2.6.

Контрольная карта \ Гистограмма	Неконтролируемое состояние	Контролируемое состояние
Границы допуска не удовлетворяются	<p>а</p>	<p>б</p>
Границы допуска удовлетворяются	<p>в</p>	<p>г</p>

Рисунок 2.6 – Сравнение контрольных карт с границами поля допуска

Раздел курсовой работы в пояснительно-расчетной записке должен содержать:

- теоретические сведения о классификации контрольных карт, области и целях их применения, возможных интерпретациях результатов;
- поэтапное описание построения контрольной $\bar{X} - R$ карты по исходным данным: формирования однородных подгрупп, расчет уровней контрольных пределов, центральных линий и графическое изображение контрольных карт (масштаб $\frac{1}{2}$ или 1 лист А4);
- анализ и интерпретацию взаимного расположения точек на $\bar{X} - R$ карте, описание сравнения данных контрольных карт с границами допуска на анализируемый параметр;
- расчет индексов воспроизводимости процесса (свойства), описываемого данными контрольных карт и выводы по результатам расчета.

2.4 Причинно-следственный и Парето-анализ результатов контроля качества

Исходные данные – массив данных № 4 о количестве несоответствий, выявленных в процессе контроля качества.

Итальянский экономист В. Парето предложил формулу, отражающую неравномерность распределения материальных благ в обществе, а американский экономист М. Лоренц проиллюстрировал это теоретическое положение диаграммой. Д. Джуран применил диаграмму М. Лоренца в сфере контроля качества для классификации проблем качества и назвал этот метод **анализом Парето**. Он указал, что в большинстве случаев подавляющее число несоответствий и связанных с ними потерь возникают из-за относительно небольшого числа причин, проиллюстрировав это с помощью диаграммы, которая получила название **диаграммы Парето**. Диаграмму Парето иногда называют «80/20», поскольку в ней находит отражение известный принцип статистики, заключающийся в том, что 80 % выпуска несоответствующей продукции связано всего с 20 % всех возможных причин.

Анализ Парето – это прием, позволяющий распределить усилия для решения проблем качества, выявить основные причины их появления. Метод заключается в классификации проблем качества на немногочисленные, но существенно важные и многочисленные, но несущественные. Анализ Парето позволяет распределить усилия и установить основные факторы, с которых необходимо начинать корректирующие действия.

Классифицируют виды диаграмм Парето по результатам деятельности. Применение анализа направлено на выявление основных проблем и отражает нежелательные результаты деятельности, связанные с:

- *качеством* (несоответствия, дефекты, поломки, ошибки, отказы, рекламации, ремонты, возвраты продукции);
- *себестоимостью* (объем потерь; затраты);
- *сроками поставок* (дефицит запасов, нарушения сроков поставок);
- *безопасностью* (несчастные случаи, аварии).

Непосредственно диаграмма строится в виде столбчатого графика, столбики которого соответствуют отдельным факторам, характеризующим результаты деятельности в порядке убывания численного значения (высота столбика соответствует этому численному значению). Затем строится кривая кумулятивной суммы. Кривая кумулятивной суммы наглядно демонстрирует относительную значимость групп факторов и может использоваться для идентификации наиболее эффективных возможностей по совершенствованию.

При использовании диаграммы Парето для градации рассматриваемых факторов целесообразно использовать ABC-анализ, сущность которого заключается в определении трех групп последовательного применения корректирующих воздействий:

- *группа А* – наиболее важные, существенные факторы (несоответствия) – зона первоочередных мер. Кумулятивная сумма группы А обычно составляет 80 %. Соответственно устранение несоответствий группы А имеет большой приоритет, а связанные с этим мероприятия – самую высокую эффективность;
- *группа В* – факторы, которые в кумулятивной сумме имеют не более 15 %;
- *группа С* – наименее значимые факторы (5 % и менее).

Исходные данные и предварительные расчеты для построения диаграммы Парето обычно представляют в табличном виде (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Форма представления исходных данных и предварительных расчетов для построения диаграммы Парето

Вид несоответствия	Кол-во несоответствий	Накопленное кол-во несоответствий	Доля несоответствий, %	Накопленная доля несоответствий, %	ABC-группы
<i>дефект 1</i>	x_1	x_1	ω_1	ω_1	А
<i>дефект 2</i>	x_2	x_1+x_2	ω_2	$\omega_1+\omega_2$	А
<i>дефект 3</i>	x_3	$x_1+x_2+x_3$	ω_3	$\omega_1+\omega_2+\omega_3$...
...
<i>дефект n</i>	x_n	$x_1+x_2+x_3...+x_n$	ω_n	$\omega_1+\omega_2+\omega_3...+\omega_n$	С
	$\sum_{i=1}^n x_i$		$\sum_{i=1}^n \omega_i$		

Существует правило, по которому в последней строке таблицы независимо от числовых значений располагают группу «прочие». Данная группа представляет собой совокупность несоответствий, количество которых по каждому из них меньше, чем самое маленькое значение, полученное для несоответствия, выделенного в отдельную строку.

Особый интерес по результатам анализа Парето представляет собой зона первоочередных мер, которая включает наиболее многочисленные группы несоответствий. Именно в их отношении необходимо планировать корректирующие мероприятия по снижению их количества. Однако планированию должен предшествовать детальный анализ причин и областей возникновения «критических» несоответствий. Пример оформления диаграммы Парето приведен в приложении И.

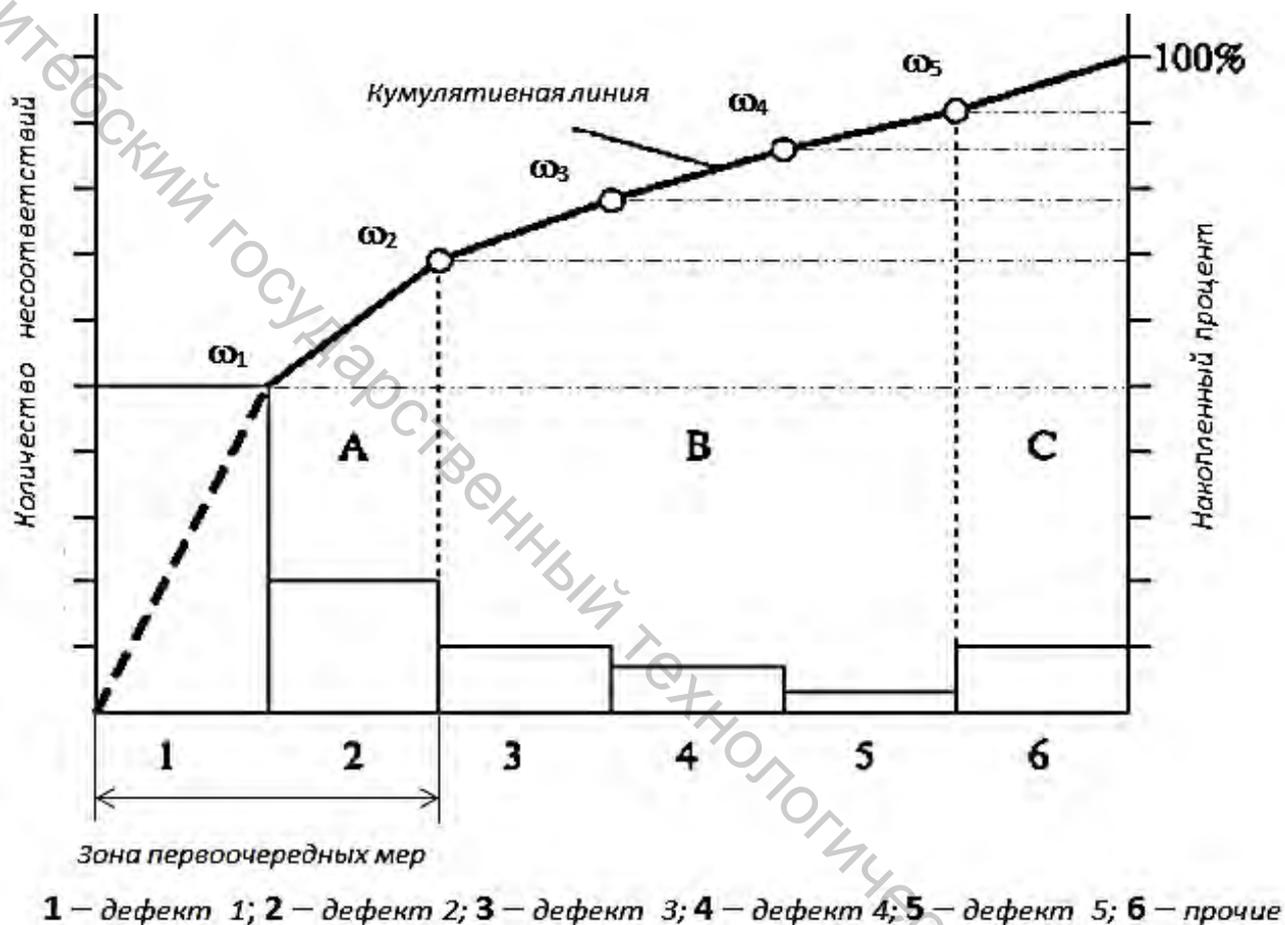


Рисунок 2.7 – Диаграмма Парето

Для этих целей целесообразно применить причинно-следственный анализ, по результатам которого строится диаграмма Исикава. Причинно-следственная диаграмма Исикава – инструмент, который позволяет выявить наиболее существенные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие).

Профессор Токийского университета Каору Исикава, обсуждая проблему качества на одном заводе, суммировал мнение инженеров в форме диаграммы причин и результатов – считается, что тогда этот подход был применен впервые. Причинно-следственную диаграмму иначе называют диаграммой «рыбий скелет» (рисунок 2.8).

Факторы первого порядка обычно устанавливают по правилу 5M:

– **material** – сырье, комплектующие;

- **machine** – оборудование;
- **method** – используемые технологии;
- **man** – персонал;
- **management** – управление и контроль.

Каждый из факторов 1-го порядка детализируется на факторы 2-го порядка, а те в свою очередь – на факторы 3-го порядка. Такой прием требует системных знаний в области решаемой проблемы и аналитического подхода. Рекомендуемым методом определения факторов и их детализации является «мозговой штурм» группой разных специалистов (кросс-функциональная группа).

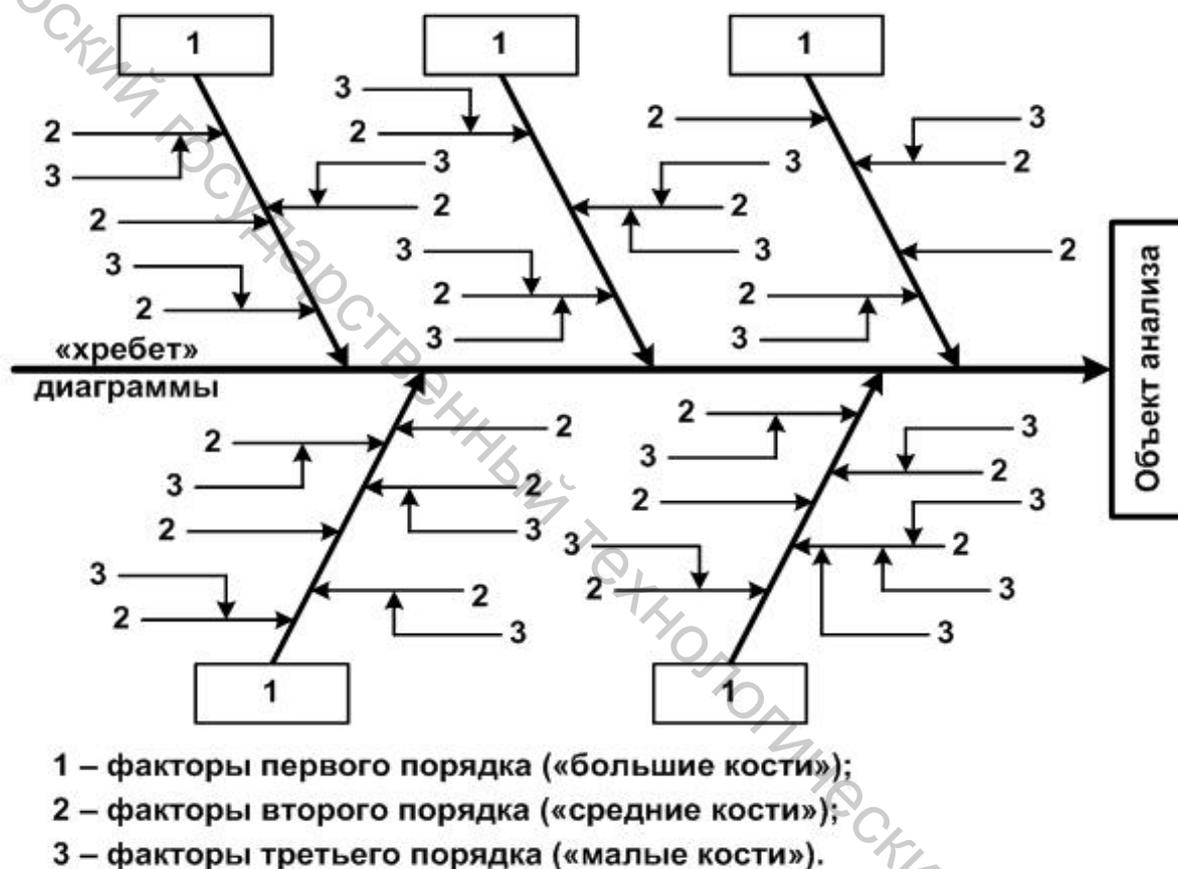


Рисунок 2.8 – Диаграмма Исикава

Причинно-следственный анализ целесообразно завершать ранжированием факторов 1-го порядка с выделением наиболее значимых и их последующей разработкой с ранжированием 2-го и 3-го уровня. Структурирование причин несоответствий повышает потенциальную эффективность разрабатываемых корректирующих мероприятий, после проведения которых анализ Парето можно выполнить повторно для изменившихся в результате коррекции условий и оценить эффект от проведенных улучшений.

Раздел курсовой работы в пояснительно-расчетной записке должен содержать:

- теоретические сведения о причинно-следственном анализе и анализе Парето;

- поэтапное описание построение диаграммы Парето по исходным данным и ее графическое изображение;
- анализ полученных результатов: характеристика зоны первоочередных мер, предполагаемые корректирующие мероприятия, состав А-В-С-групп;
- поэтапное построение причинно-следственной диаграммы для объекта анализа, определяемого по результатам анализа Парето (несоответствия из группы первоочередных мер) и по согласованию с преподавателем.

2.5 Статистический приемочный контроль качества продукции

Данный раздел представляет собой теоретический анализ процедуры статистического приемочного контроля качества (СПКК) продукции и предполагает аналитическое изложение следующих вопросов:

- общие положения приемочного контроля качества продукции;
- описание технического регулирования (ТНПА, регламентирующих деятельность) в области СПКК;
- характеристика видов и планов СПКК продукции; правила корректировки планов выборочного контроля;
- оперативная характеристика планов выборочного контроля; риски поставщика и потребителя.

Перечень ТНПА, регламентирующих организацию и порядок проведения приемочного контроля, приведен в приложении Л.

Рекомендуемый объем раздела – не менее 5 страниц.

Заключение по результатам курсовой работы должно содержать краткие выводы по каждому из выполненных разделов и общую оценку о достижении поставленной цели курсового проектирования.

Список использованных источников должен содержать не менее 7 позиций (книги, ТНПА, интернет-ресурсы и т. п.), оформленных в соответствии с [1, 2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 7.32-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Введ. 2003-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 15 с.

2 Требования к оформлению дипломных и курсовых работ (проектов), отчетов по практике и научно-исследовательских работ студентов специальностей 1-54 01 01-04 «Метрология, стандартизация и сертификация (легкая промышленность)», 1-25 01 09 «Товароведение и экспертиза товаров» высших учебных заведений / УО «ВГТУ»; сост. А. Н. Буркин, И. Г. Черногузова, И. С. Карпушенко. – Витебск, 2008. – 40 с.

3 Учебно-методический комплекс по дисциплине «Статистические методы контроля качества» по направлению специальности 1-54 01 01 «Стандартизация, метрология и сертификация» / УО «БНТУ»; сост. профессор, д.т.н. В. Л. Соломахо. – Минск, 2017. – Репозиторий БНТУ : режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/31830>

4 Уилер, Д. Статистическое управление процессами. Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта / Д. Уилер, Д. Чамберс. – Москва : Альпина Бизнес Букс, 2009. – 409 с.

5 Ефимов, В. В. Статистические методы в управлении качеством: учебное пособие / В. В. Ефимов. – Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 134 с.

6 Клячкин, В. Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии: учеб. пособие / В. Н. Клячкин. – Москва : Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009. – 304 с.

7 Чичко, А. Н. Статистические методы регулирования качества продукции в литейном производстве: учеб. пособие для вузов / А. Н. Чичко, В. Ф. Соболев, О. И. Чичко. – Минск : БНТУ, 2006. – 303 с.

8 Кане, М. М. Управление качеством продукции машиностроения: учебное пособие для вузов / М. М. Кане [и др.]; под общ. ред. М. М. Кане. – Москва : Машиностроение, 2010. – 416 с.

9 Жевняк, Р. М. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов / Р. М. Жевняк, А. А. Карпук, В. Т. Унукович. – Минск : Харвест, 2000. – 384 с.

10 Севостьянов, А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности / А. Г. Севостьянов. – Москва : ЮНИТИ, 2007. – 648 с.

11 Севостьянов, А. Г. Математические методы обработки данных : учебное пособие для ВУЗов / А. Г. Севостьянов. – Москва : МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. – 256 с.

Приложения

Приложение А

Пример расчета для оценки стационарности процесса (свойства), характеризуемого выборкой по критерию длины и числа серий, формируемых по медиане

Исходная выборка: 10; 12; 15; 12; 14; 11; 12; 18; 17; 14; 15; 19; 15; 15; 18.

Вариационный ряд: 10_{\min} ; 11; 12; 12; 12; 14; 14; 15^{Me} ; 15; 15; 15; 17; 18; 18; 19_{\max} .

При $m = 15$ (нечетное число) $k = 7$ и $Me = x_8 = 15$ (формула 2.3)

В исходной выборке производится замена числовых значений на знаковые обозначения $+/-$ по правилу: если $x_i > Me(x)$, то $+$, если $x_i < Me(x)$, то $-$, если $x_i = Me(x)$, то данное значение исключается из дальнейшей обработки (в знаковом ряду обозначается «о»).

Знаковый ряд: — — о — — — — + + — о + о о +

Знаковый ряд*: — — — — — + + — + +

— число серий $\nu_p = 4$;

— протяженности наиболее длинной серии $\lambda_p = 6$.

По формулам 2.4 рассчитываются теоретические значения ν_m и λ_m , которые сравниваются с фактическими. Для рассматриваемого примера:

$$\nu_T = E\left\{\frac{1}{2}(15 + 1 - 1,96\sqrt{15 - 1})\right\} = E\{4,33\} = 4,$$
$$\lambda_T = E\{3,3(1 + \lg(m))\} = E\{12,24\} = 12.$$

Если выполняются неравенства $\nu_p \geq \nu_m$ и $\lambda_p \leq \lambda_m$, то можно утверждать, что значения анализируемой выборки случайны, а процесс, который они характеризуют, — стационарен.

Для рассматриваемого примера:

— $\nu_p \geq \nu_m$, т. к. $4 \geq 4$ (неравенство выполняется);

— $\lambda_p \leq \lambda_m$, т. к. $6 \leq 12$ (неравенство выполняется).

Следовательно, значения анализируемой выборки случайны, а процесс — стационарен.

Приложение Б

Критические значения критерия Смирнова-Грabbса

Количество элементов совокупности, m	Уровень доверительной вероятности, P_D	
	0,99	0,95
3	1,414	1,412
4	1,723	2,689
5	1,955	1,869
6	2,130	1,996
7	2,265	2,093
8	2,374	2,172
9	2,464	2,237
10	2,540	2,294
11	2,606	2,343
12	2,663	2,387
13	2,714	2,426
14	2,739	2,461
15	2,800	2,493
16	2,837	2,523
17	2,871	2,551
18	2,903	2,577
19	2,932	2,600
20	2,959	2,623
21	2,934	2,644
22	3,008	2,664
23	3,030	2,683
24	3,051	2,701
25	3,071	2,717
...
30	3,236	2,908
...
35	3,316	2,981
...
40	3,381	3,306

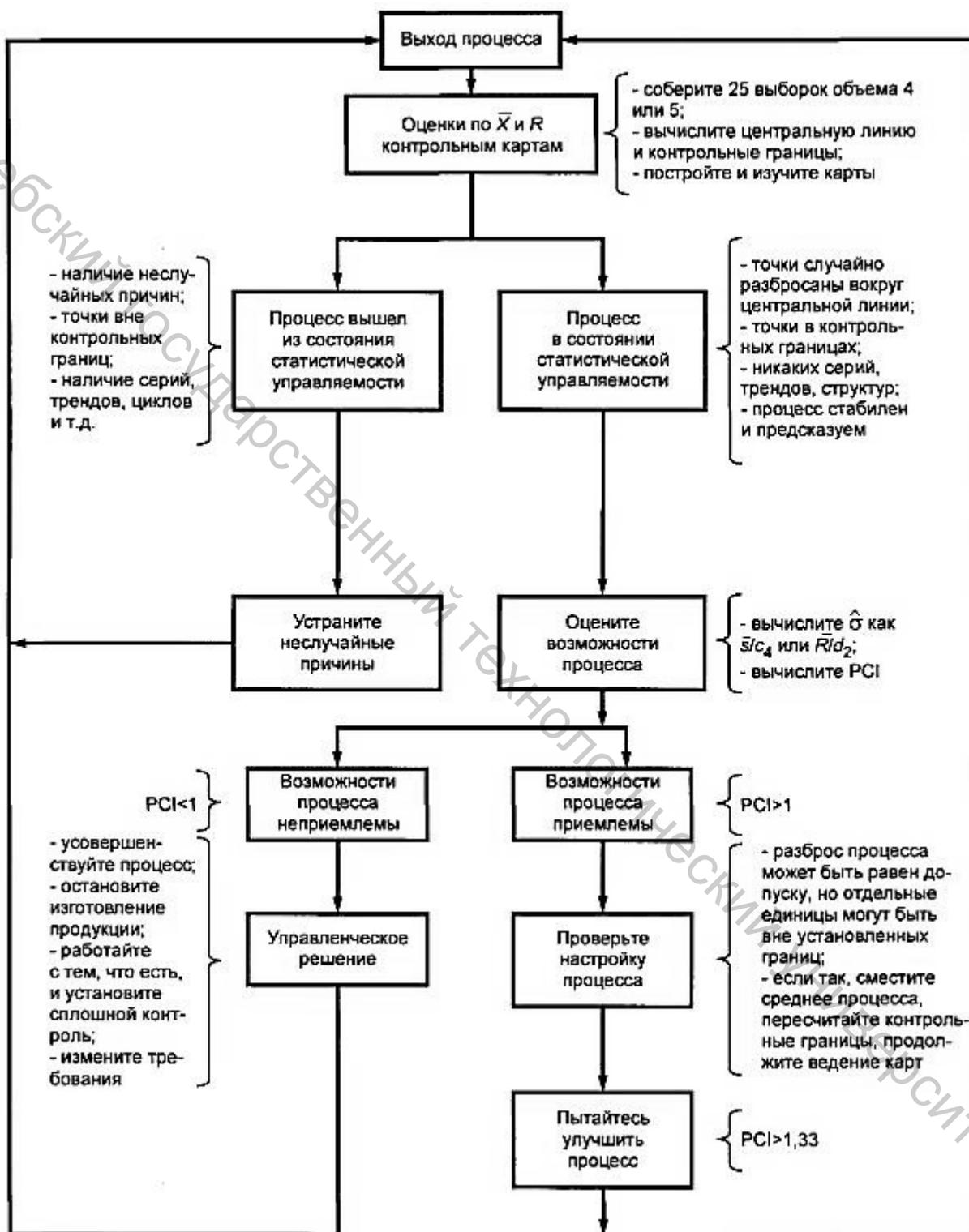
Приложение В

Критические значения критерия Стьюдента

Число степеней свободы, f	Уровень доверительной вероятности, P_D				
	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
1	3,078	6,314	12,706	63,657	636,62
2	1,866	2,920	4,303	9,925	31,598
3	1,638	2,353	3,182	5,841	12,924
4	1,533	2,132	2,776	4,604	8,610
5	1,476	2,015	2,571	4,032	6,869
6	1,440	1,943	2,447	3,707	5,959
7	1,415	1,895	2,365	3,499	5,408
8	1,397	1,860	2,306	3,355	5,041
9	1,383	1,833	2,262	3,250	4,781
10	1,372	1,812	2,228	3,169	4,587
11	1,363	1,796	2,201	3,106	4,437
12	1,356	1,782	2,179	3,055	4,318
13	1,350	1,771	2,160	3,012	4,221
14	1,345	1,761	2,145	2,977	4,140
15	1,341	1,753	2,131	2,947	4,073
16	1,337	1,746	2,120	2,921	4,015
17	1,333	1,740	2,110	2,898	3,965
18	1,330	1,734	2,101	2,878	3,922
19	1,328	1,729	2,093	2,861	3,883
20	1,325	1,725	2,086	2,845	3,850
21	1,323	1,721	2,080	2,831	3,819
22	1,321	1,717	2,074	2,819	3,792
23	1,319	1,714	2,069	2,807	3,767
24	1,318	1,711	2,064	2,797	3,745
25	1,316	1,708	2,060	2,787	3,725
26	1,315	1,706	2,056	2,779	3,707
27	1,314	1,703	2,052	2,771	3,690
28	1,313	1,701	2,048	2,763	3,674
29	1,311	1,699	2,045	2,756	3,659
30	1,310	1,697	2,042	2,750	3,646
40	1,303	1,684	2,021	2,704	3,551
60	1,296	1,671	2,000	2,660	3,460
120	1,289	1,658	1,980	2,617	3,373
∞	1,282	1,645	1,960	2,576	3,291

Приложение Г

Стратегия совершенствования процесса



Приложение Д

Связь индексов воспроизводимости C_p и C_{pk} стабильных процессов с ожидаемым уровнем несоответствий продукции

Значение C_p или C_{pk}	Уровень несоответствий продукции несоответствующих единиц продукции, %
0,33	32,2
0,37	26,7
0,55	9,9
0,62	6,3
0,69	3,8
0,75	2,4
0,81	1,5
0,86	0,99
0,91	0,64
0,96	0,40
1,00	0,27
1,06	0,15
1,10	0,097
1,14	0,063
1,18	0,040
1,22	0,025
1,26	0,016
1,30	0,0096
1,33	0,0066

Приложение Е

Коэффициенты для вычисления линий контрольных карт

Число наблюдений в подгруппе	Коэффициенты для вычисления контрольных границ			Коэффициент для вычисления C_p
	A_2	D_4	D_3	d_2
2	1,880	0,000	3,267	1,128
3	1,023	0,000	2,574	1,693
4	0,729	0,000	2,282	2,059
5	0,577	0,000	2,114	2,326
6	0,483	0,000	2,004	2,534
7	0,419	0,076	1,924	2,704
8	0,373	0,136	1,864	2,847
9	0,337	0,184	1,816	2,970
10	0,308	0,223	1,777	3,078
11	0,285	0,256	1,744	3,173
12	0,266	0,283	1,717	3,258
13	0,249	0,307	1,693	3,336
14	0,235	0,328	1,672	3,407
15	0,223	0,347	1,653	3,472

Приложение Ж

Пример оформления контрольной $\bar{X} - R$ карты

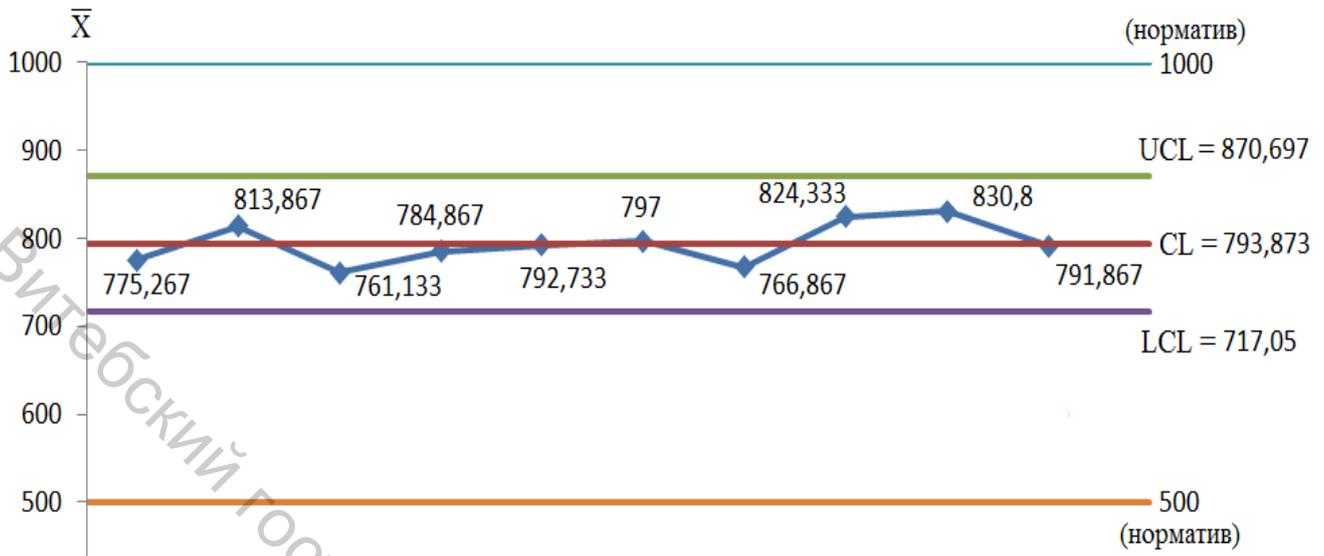
Совокупность исходных данных и первичные расчеты для построения контрольной карты

№ подгруппы									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
929	674	761	723	835	912	727	835	773	779
621	799	654	878	818	916	899	914	781	795
880	795	716	837	704	643	778	982	800	929
882	783	676	733	698	703	732	884	926	711
645	729	782	719	1029	800	862	774	839	944
764	776	838	545	629	746	771	817	970	799
863	888	1063	893	865	795	762	641	777	754
799	734	669	712	592	878	731	925	941	829
656	816	727	730	908	783	822	970	648	904
765	885	684	939	715	892	776	744	894	669
779	915	841	753	781	757	869	879	811	666
787	924	985	709	1014	817	648	850	781	782
679	802	668	895	770	896	603	791	747	694
888	891	757	746	814	705	654	758	787	815
692	797	596	961	719	712	869	601	987	808
Среднее значение по подгруппам \bar{X}									
775,27	813,87	761,13	784,87	792,73	797,00	766,87	824,33	830,80	791,87
Среднее значение размахов по подгруппам \bar{R}									
308	250	467	416	437	273	296	381	339	278
границы допуска (нормы): 750 ± 250									

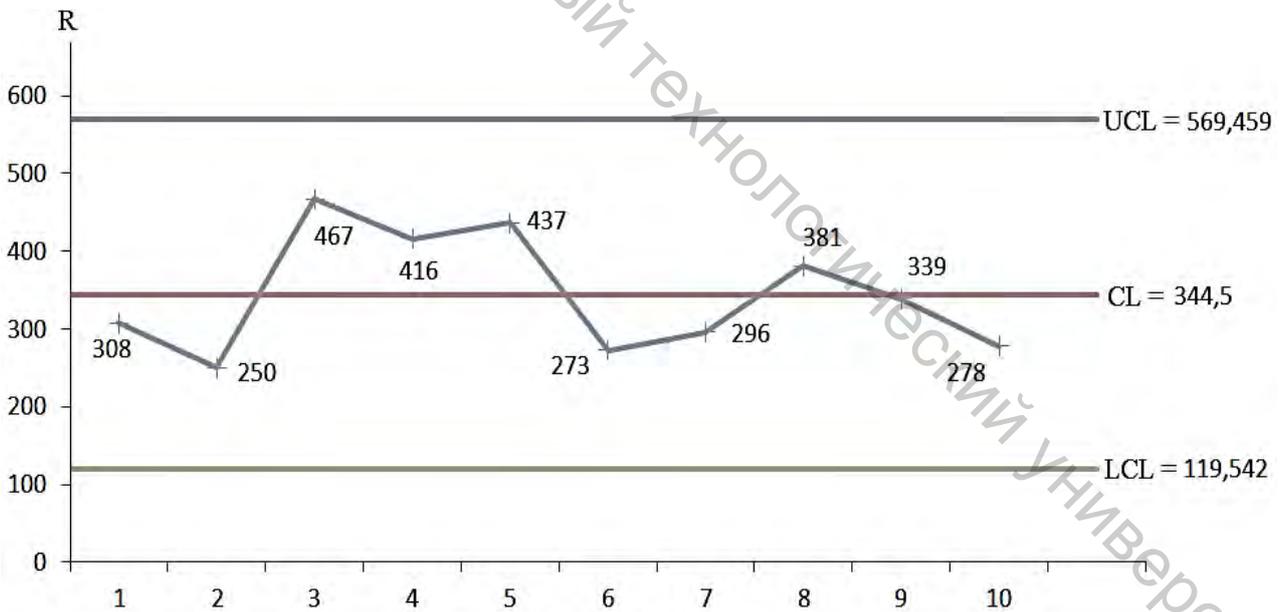
Расчет уровней основных контрольных линий

Уровни контрольных линий	\bar{X} -карта	R-карта
Центральная линия	$CL = \bar{\bar{X}} = 793,873$	$CL = \bar{\bar{R}} = 344,5$
Верхний контрольный предел	$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{\bar{R}} = 870,697$	$UCL = D_3 \bar{\bar{R}} = 569,459$
Нижний контрольный предел	$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{\bar{R}} = 717,05$	$LCL = D_4 \bar{\bar{R}} = 119,542$

\bar{X} – карта



\bar{R} – карта

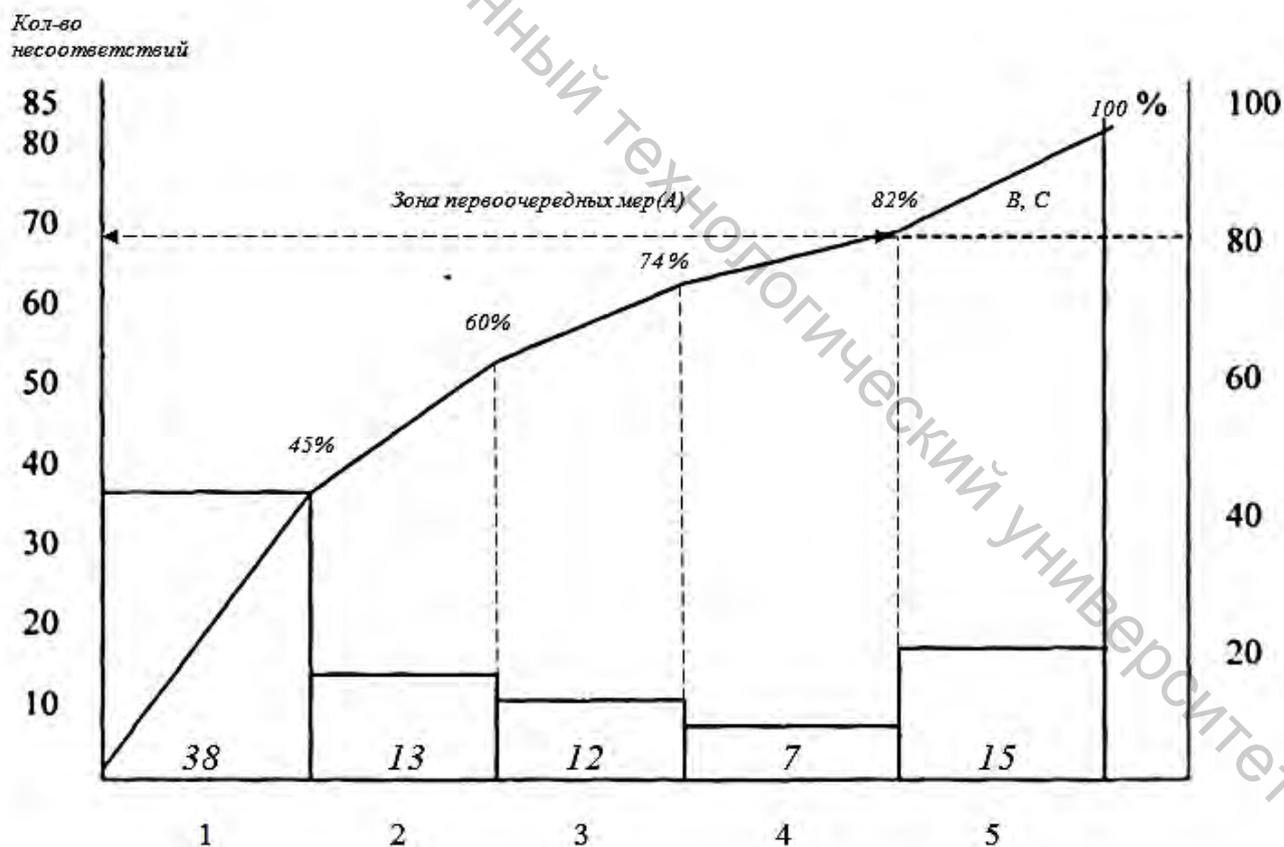


Приложение И

Пример оформления диаграммы Парето

Совокупность исходных данных по основным несоответствиям,
установленным при контроле качества печатной продукции

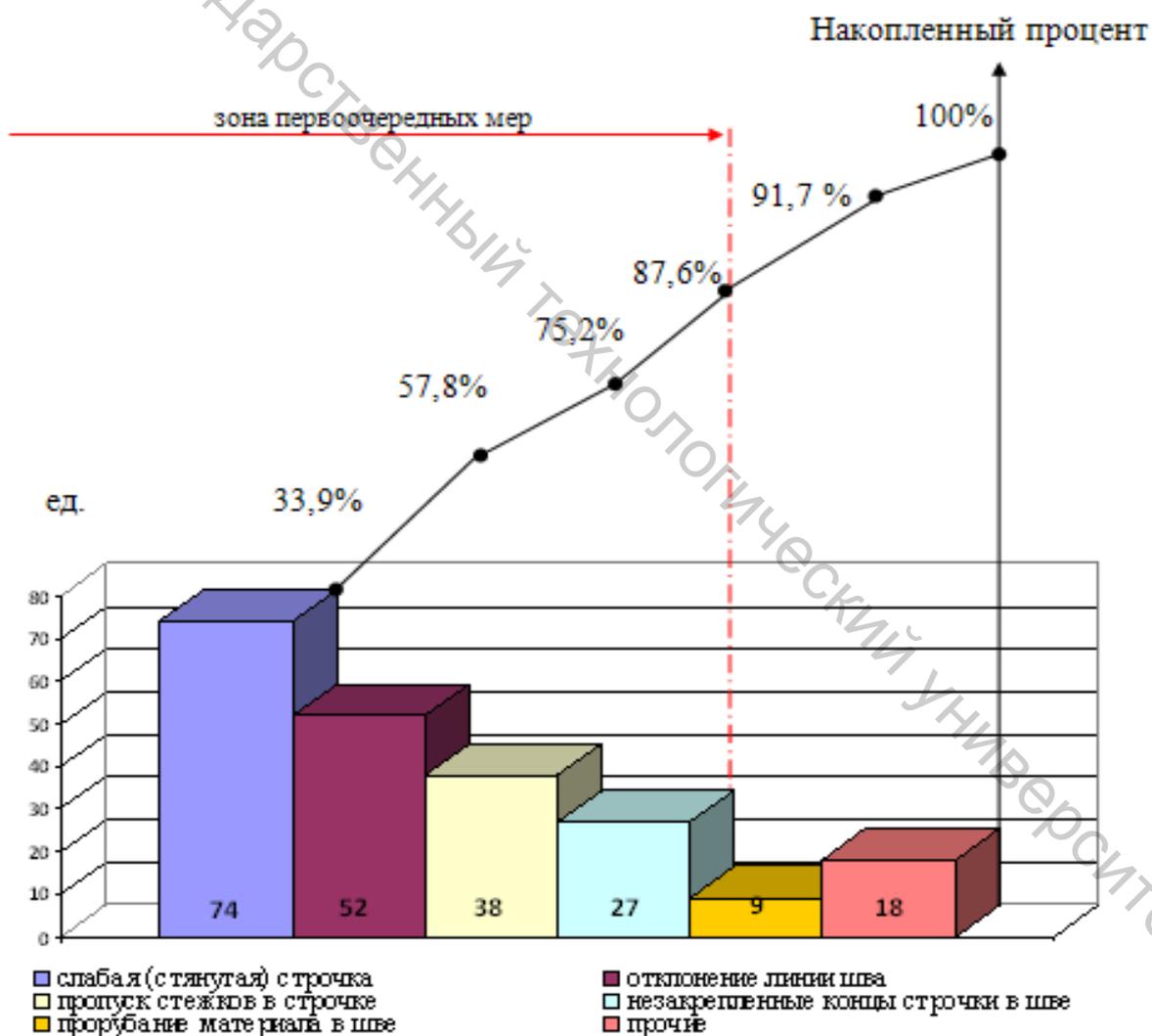
Вид несоответствия	Кол-во	Накопленное кол-во	Доля в общем кол-ве, %	Накопленная доля в общем кол-ве, %
Дефекты печати	38	38	45	45
Местные утонения/ утолщения бумаги	13	51	15	60
Ошибки при верстке	12	63	14	74
Повреждения при упаковке	7	70	8	82
Прочие (неправильный подбор типографской краски, повреждения при перевозке, нарушение балансировки печатных станков и др.)	15	85	18	100
Всего	85		100	



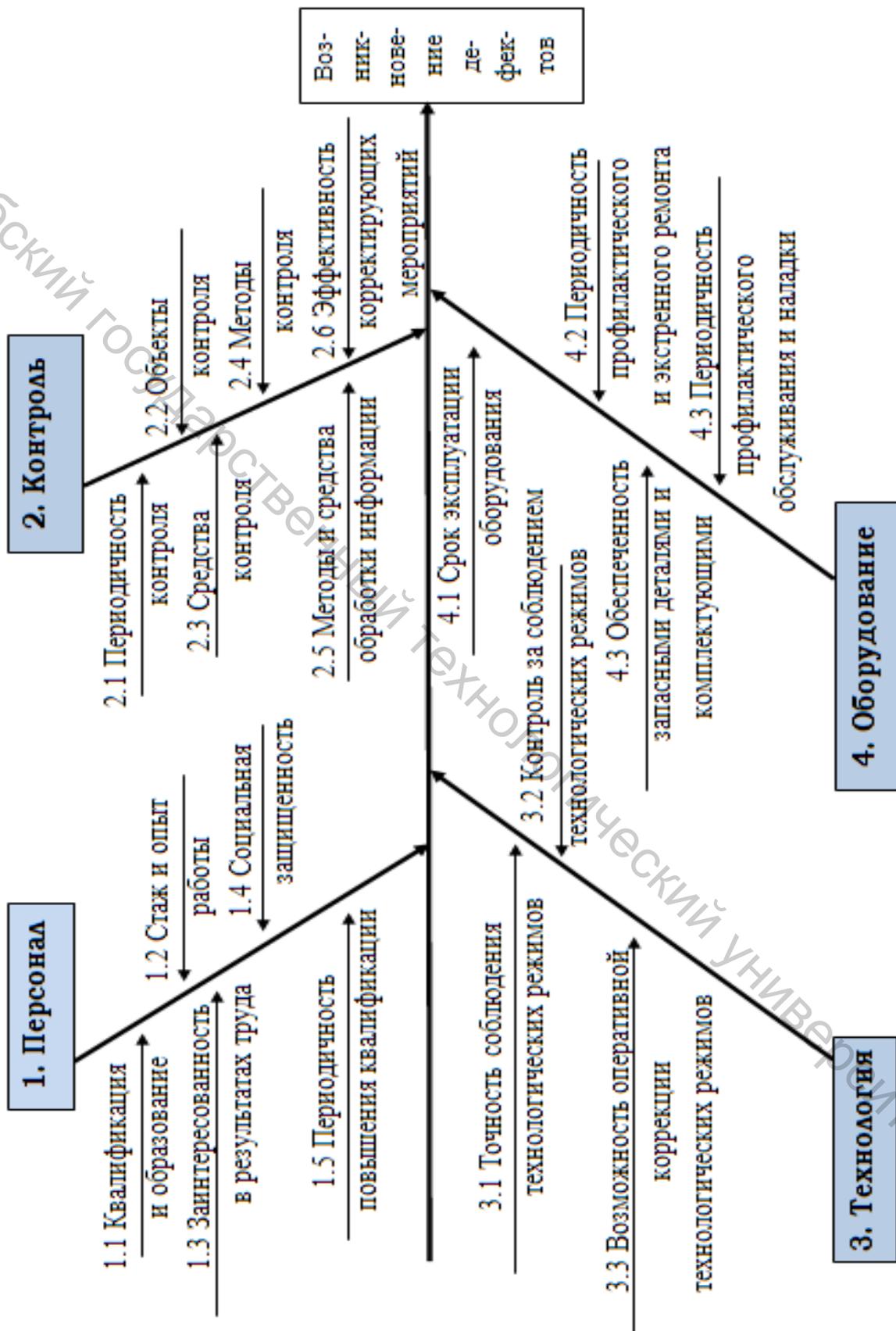
1 – дефекты печати; 2 – местные утонения/ утолщения бумаги; 3 – ошибки при верстке;
4 – повреждения при упаковке; 5 – прочие

Совокупность исходных данных по основным несоответствиям,
установленным при контроле качества швейных изделий

Наименование дефекта	Количество выявленных единиц	Доля в общем объеме, %	Накопленный (суммарный) процент, %
Слабая/стянутая строчка	74	33,9	-
Отклонения линий швов от установленного направления	52	23,9	57,8
Пропуск стежков в строчке	38	17,4	75,2
Незакрепленные концы строчек в шве	27	12,4	87,6
Прорубание материала в шве	9	4,1	91,7
Прочие	18	8,3	100
Всего	218	100	



Примеры диаграмм Исикава (причин и следствий)



Приложение Л

Перечень ТНПА, регламентирующих организацию и порядок проведения приемочного контроля

1. СТБ 1505-2015. Системы менеджмента. Менеджмент процессов. Методы статистического управления процессами. – Введ. 01.06.2016 г. – Минск : Госстандарт. – 80 с.

2. ГОСТ ISO 2859-1-2009. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества. – Введ. 01.07.2010 г. – Минск : Госстандарт. – 106 с.

3. СТБ ISO 17258-2015. Методы статистические. «Шесть сигм». Базовые критерии «Шесть сигм» в организациях. – Введ. 01.03.2016 г. – Минск : Госстандарт. – 48 с.

4. СТБ ГОСТ Р 50779.10-2001. Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения. – Введ. 01.02.2002 г. – Минск : Госстандарт. – 52 с.

5. СТБ ГОСТ Р 50779.11-2001. Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения. – Введ. 01.11.2002 г. – Минск : Госстандарт. – 48 с.

6. СТБ ГОСТ Р 50779.43-2001. Статистические методы. Приемочные контрольные карты. – Введ. 01.07.2002 г. – Минск : Госстандарт. – 32 с.

7. СТБ ГОСТ Р 50779.51-2003. Статистические методы. Непрерывный приемочный контроль качества по альтернативному признаку. – Введ. 01.09.2003 г. – Минск : Госстандарт. – 20 с.

8. СТБ ГОСТ Р 50779.70-2001. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 0. Введение в систему выборочного контроля по альтернативному признаку на основе приемлемого уровня качества AQL. – Введ. 01.07.2002 г. – Минск : Госстандарт. – 64 с.

9. СТБ ГОСТ Р 50779.72-2001. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 2. Планы выборочного контроля отдельных партий на основе предельного качества LQ. – Введ. 01.02.2002 г. – Минск : Госстандарт. – 28 с.

10. СТБ ГОСТ Р 50779.75-2001. Статистические методы. Последовательные планы выборочного контроля по альтернативному признаку. – Введ. 01.07.2002 г. – Минск : Госстандарт. – 52 с.

11. СТБ ГОСТ Р 50779.76-2001. Статистические методы. Последовательные планы выборочного контроля по количественному признаку для процента несоответствующих единиц продукции (стандартное отклонение известно). – Введ. 01.07.2002 г. – Минск : Госстандарт. – 48 с.

Приложение М

Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Кафедра «Техническое регулирование
и товароведение»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по курсу «Статистические методы контроля качества»
на тему «Анализ результатов контроля качества с применением
статистических методов»

Выполнил(а): студент(ка) группы _____
_____ (_____)
(подпись) (Фамилия И.О.)

Проверила: ст. преподаватель
КАРПУШЕНКО И.С.
« _____ » _____ 20__ г. _____
(подпись)

Работа допущена к защите
« _____ » _____ 201__ г. _____ (Карпушенко И.С.)
(подпись)

Витебск, 20__

Приложение Н

Пример оформления листа задания к курсовому проектированию

УО «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет _____

Кафедра «Техническое регулирование и
товароведение»

«Утверждаю»:

Зав. кафедрой _____
(подпись)

« _____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

к курсовому проектированию

Студенту(ке) _____ (фамилия, имя, отчество полностью)

1. **Тема проекта:** Анализ результатов контроля качества с применением статистических методов

2. **Сроки сдачи студентом законченного проекта** « _____ » _____ 20__ г.

3. **Исходные данные к проекту:** Массив данных №1 для расчетов в разделе 1; массив сопряженных случайных величин №2 для корреляционно-регрессионного анализа; массив данных №3 для построения контрольных карт; данные для причинно-следственного и анализа Парето

4. **Содержание расчетно-пояснительной записки (перечисление вопросов, которые подлежат разработке)**

Введение

1 Элементарная статистическая обработка результатов контроля качества

2 Корреляционно-регрессионный анализ результатов контроля качества

3 Построение контрольной карты по результатам контроля качества и определение воспроизводимости процесса

4 Причинно-следственный и Парето-анализ результатов контроля качества

5 Статистический приемочный контроль качества продукции

Заключение

Приложения (при наличии)

5. **Перечисление графического материала (при наличии)**

6. **Консультант по проекту** ст. преподаватель Карпушенко И.С.

7. **Дата выдачи** « _____ » _____ 20__ г.

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с обозначением времени и трудоемкости отдельных этапов)

Введение. Элементарная статистическая обработка результатов контроля качества

Корреляционно-регрессионный анализ результатов контроля качества

Указываются календарные интервалы времени, в течение которых велась работа на каждом (!) этапе

Построение контрольной карты по результатам контроля качества и определение воспроизводимости процесса

Причинно-следственный и Парето-анализ результатов контроля качества

Статистический приемочный контроль качества продукции. Заключение

РУКОВОДИТЕЛЬ _____ (И.С. Карпушенко)
(подпись)

Задание принял(а) к исполнению « ____ » _____ 20__ г. _____
(дата и подпись студента)

Учебное издание

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Методические указания по выполнению курсовой работы

Составитель:

Карпушенко Инна Степановна

Редактор *Н. В. Медведева*

Корректор *Т. А. Осипова*

Компьютерная верстка *И. С. Карпушенко*

Подписано к печати 31.01.18. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. листов 2.6.
Уч.-изд. листов 2.6. Тираж 40 экз. Заказ № 55.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210035, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.