

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»**

**Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»**

## **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **ПРАКТИКУМ**

**по одноименному курсу**

**для студентов специальности 1-42 01 01**

**«Металлургическое производство**

**и материалобработка (по направлениям)»**

**специализации 1-42 01 01-01 «Металлургическое  
производство и материалобработка (металлургия)»**

**дневной и заочной форм обучения**

**Гомель 2018**

УДК 669.18.146.5(075.8)  
ББК 34.3-823.2-21я73  
У67

*Рекомендовано научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 8 от 27.09.2016 г.)*

Составитель *В. А. Жаранов*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого  
*Ю. А. Рудченко*

**Управление** качеством продукции металлургического производства : практикум  
У67 по одному курсу для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» специализации 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)» днев. и заоч. форм обучения / сост. В. А. Жаранов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 81 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Изложены основные сведения о современных методах управления качеством продукции. Представлены практические работы, позволяющие изучить алгоритм процессов контроля качества производственных процессов, с использованием современных технологий и оборудования. Практические работы в программе Statistica приведены для самостоятельного изучения студентами в демонстрационной версии данного программного продукта (предоставлен компанией бесплатно на период 60 календарных дней).

Для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка».

УДК 669.18.146.5(075.8)  
ББК 34.3-823.2-21я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 «КВАЛИМЕТРИЯ. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА»	6
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 «СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТЫ ШУХАРТА»	8
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 «РАЗВЕДОЧНЫЙ ВИЗУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ»	12
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 «КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА»	21
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ»	46
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА	73
ЛИТЕРАТУРА	80

## ВВЕДЕНИЕ

Методы управления качеством являются обязательным элементом современных систем менеджмента качества, внедряемых на отечественных металлургических предприятиях, конкурентоспособность которых во многом зависит от умения персонала предприятия на практике применять эти методы.

Целью преподавания дисциплины является расширение технической эрудиции студентов и приобретение ими комплекса специальных знаний и умений, необходимых для проектирования и организации надежных и стабильных технологических процессов, обеспечивающих изготовление высококачественной продукции.

Одним из важнейших элементов системы менеджмента качества (СМК) на всех этапах жизненного цикла продукции в соответствии с требованиями стандартов серии ИСО 9000 является применение статистических методов. Использование статистических методов способствует пониманию изменчивости показателей качества продукции и, следовательно, может помочь предприятию повысить результативность и эффективность принимаемых решений.

Статистическое мышление необходимо для каждого участника

процесса, а для этого необходимо знать статистические методы, которые доступны для всех за счет своей простоты, достигнутой в семи инструментах контроля качества. Каждый служащий компании или организации, используя статистические методы для анализа и контроля процессов, тем самым способствует повышению качества, эффективности производства и снижению затрат.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- овладение умением оценивать влияние различных производственных факторов на качество выпускаемой продукции и находить пути его повышения;
- усвоение методик проведения статистического приемочного контроля по альтернативному и количественному признакам;
- усвоение методик регулирования технологических процессов, обеспечивающего гарантированный выпуск высококачественной продукции.

Решению этих задач служит, в частности, практикум по управлению качеством продукции, содержание которого

представлено в предлагаемых методических указаниях.

Каждая из работ, описания которых приведены в данном электронном документе, рассчитана на два или четыре часа аудиторных занятий. Защита полученных и приведенных в отчете результатов производится, как правило, в конце того занятия, на котором выполнена работа. Безусловно, это предполагает предварительную подготовку студентов к очередному занятию по конкретной работе, информация о которой заранее сообщается преподавателем, проводящим занятие.

## Практическая работа №1 «Квалиметрия. Методы измерения показателей качества»

*Цель работы: изучить теоретические аспекты применения различных методов измерения показателей качества в квалиметрии.*

### **Теоретические основы**

В настоящее время термин «квалиметрия» широко распространен в теории и практике управления качеством. Термин «квалиметрия» произошел от латинского *qualitas* – качество и греческого *metreo* – измеряю.

Свое начало квалиметрия берет в 1960-х гг., когда при принятии решений в области управления качеством стали активно применяться количественные методы ее оценки.

Квалиметрия как наука объединяет количественные методы оценки качества, используемые для обоснования решений по управлению качеством и по смежным с ним вопросам управленческой деятельности. Квалиметрию как науку можно разделить на три большие группы:

- общая квалиметрия: она предусматривает разработку общетеоретических проблем понятийного аппарата, оценивания, измерения и т.д.;
- специальные квалиметрии: они классифицируются по видам методов и моделей оценки качества;
- предметные квалиметрии: они дифференцируются по видам объектов исследования.

Важнейшим вопросом, который решает квалиметрия, является объективное установление уровня качества.

В квалиметрии применяются различные методы измерений показателей качества. К ним можно отнести:

- инструментальные методы;
- экспертные методы;
- статистические методы.

Инструментальные методы основываются на применении специальной аппаратуры и различных физических эффектах. Они подразделяются на автоматизированные, ручные и механизированные методы измерения.

Экспертные методы измерения показателей качества – это методы организации работы со специалистами экспертами и обработки мнений экспертов. Эти мнения обычно выражены частично в количественной, частично в качественной форме. Экспертные исследования проводят с целью подготовки информации для принятия решений. Экспертные оценки бывают коллективные и индивидуальные.

Статистические методы оценки качества – это методы управления качеством, которые ориентированы на выявление определенных закономерностей в большом объеме исходной информации и снижают уровень субъективности при анализе качества продукции.

### **Практическое задание**

Необходимо подготовить небольшой реферат о средствах квалиметрии возможных для использования в процессе, избранном для описания документа для СМК предприятия и написать инструкцию по измерению одного параметра.

Провести сравнительный анализ для рекомендации использования возможных методов для процесса на конкретном предприятии.

## **Практическая работа №2 «Статистический контроль качества: использование карты Шухарта»**

*Цель работы: получить теоретические знания и практические навыки по применению, построению контрольной карты Шухарта и принятию решений о ходе технологического процесса.*

### **Теоретические аспекты**

Контрольные карты в рамках статистических методов контроля качества принято использовать при диагностике и анализе параметров технологических процессов. Контрольная карта чаще всего состоит из центральной линии, двух линий для верхнего и нижнего пределов, характеризующих граничные параметры исследуемого процесса. Наблюдаемые параметры отмечаются последовательно во времени на карту.

Если все значения оказываются внутри контрольных пределов, не проявляя тенденций к смещению в одном направлении к одному из пределов, то процесс рассматривается как находящийся в контролируемом состоянии. Если же процесс выходит за контрольные пределы или процесс смещается к одному из пределов, то это расценивается как сигнал к регулировке процесса.

Все карты работают с выборочными данными по количественному или альтернативному признаку. При получении данных по количественному признаку контролируемые изделия измеряют по данному показателю качества шкальным прибором или инструментом, позволяющим измерить данный показатель для любого контролируемого изделия в соответствующих единицах. При получении данных по альтернативному признаку каждое контролируемое изделие проверяют концевыми мерами или калибрами таким образом, что его относят либо к соответствующим (годным), либо к несоответствующим (дефектным) изделиям.

Контрольные карты подразделяются на три основных *вида*:

1. Приемочные карты (они совмещают процедуры регулирования технологического процесса и статистического контроля качества продукции. Используются только в

технологических процессах, имеющих значительный запас по фактическому качеству (уровню несоответствий));

2. Адаптивные карты (регулируют процессы посредством планирования его тренда и проведения упреждающей корректировки на основании прогнозов);

3. Карты Шухарта (они ориентированы на контроль одного измеряемого параметра (Рисунок 2.1)). Ее теоретической основой является процесс, описываемый с помощью нормального закона.

Ее использование обычно идет в несколько этапов:

1. Фиксация данных до момента регулировки процесса и расчет параметров  $\bar{X}$  (среднее) и  $\sigma$  (квадратическое отклонение).

2. Фиксация данных после регулировки и вычисление этих же параметров.

3. Сопоставление результатов расчетов.

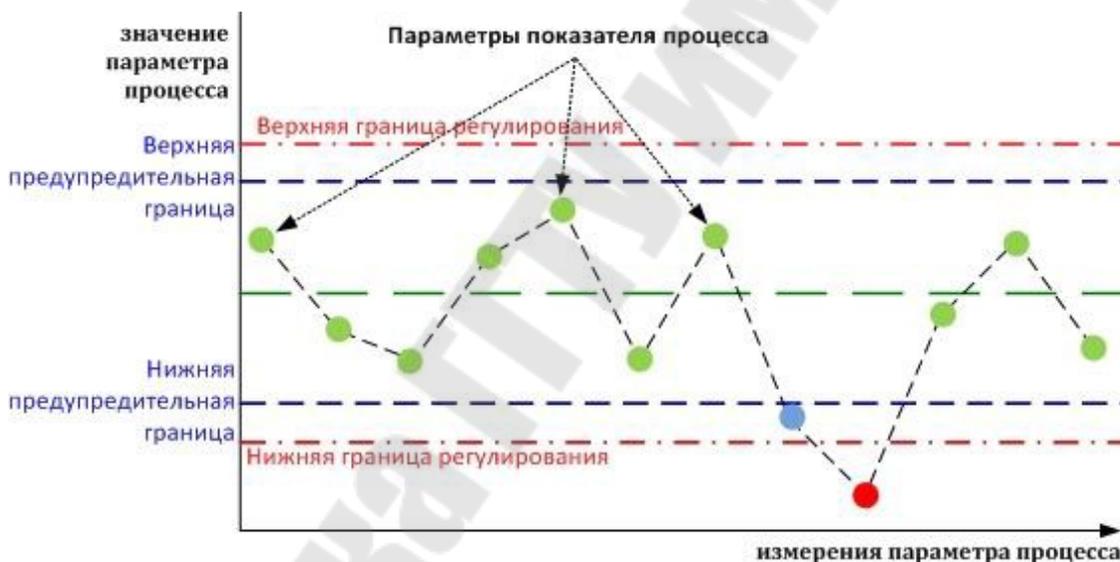


Рисунок 2.1 – контрольная карта Шухарта

**Критерии улучшения процесса после регулировки:**

Попадание всех замеров в приемлемую зону;

Уменьшение отклонения от  $\bar{X}$  теоретического по модулю:

$$\left( \left| \bar{x} - \overline{x_{\text{д.п.}}} \right| \geq \left| \bar{x} - \overline{x_{\text{н.п.}}} \right| \right); \quad (2.1)$$

Сужение зоны разброса замеров:

$$(\sigma_{п.р} - \sigma_{д.р.} < 0). \quad (2.2)$$

Для того, чтобы контрольная карта являлась эффективным средством управления процессом, сбор результатов измерений контролируемых показателей и их регистрация в контрольной карте должны осуществляться в режиме реального времени.

Контрольные карты обладают рядом преимуществ, основными из которых являются: возможность визуально определить момент изменения процесса, создают основу для улучшения процесса, выявляют различия между случайными и системными нарушениями в процессе, снижают потери брака за счет предотвращения появления дефектов.

Таблица 2.1

**Результаты выборочной оценки качественного параметра продукции**

До регулировки	После регулировки
14,6; 14,3; 13,2; 13,6; 13,8; 14,1; 14,3; 13,5; 14,6; 14,5; 13,7; 13,3; 14,2; 13,9;	13,9; 3,8; 14,1; 14,3; 14,2; 14,1; 13,7; 14,1; 3,9; 14,0; 13,8; 13,9; 14,1; 13,9;
15,0; 14,6; 14,6; 13,9; 14,5; 13,6; 14,2;	14,1; 4,3; 14,1; 13,9; 14,1; 13,7; 14,3;
14,6; 15,0; 14,2; 14,3; 13,6; 14,1; 13,2;	14,3; 4,2; 14,1; 14,0; 13,9; 14,2; 14,3;
13,3; 13,6.	13,7; 13,6.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое контрольная карта?
2. Какие существуют виды контрольных карт?
3. Какие признаки лежат в основе применения тех или иных
4. контрольных карт?
5. На что ориентированы контрольные карты Шухарта?
6. Назовите критерии улучшения процесса после регулировки?

**Практическое задание**

На основании данных о результатах выборочной оценки качественного параметра продукции (таблица 2.1), осуществленной до и после регулировки технологического процесса, необходимо оценить степень точности этого процесса до и после регулировки и сделать вывод о ее соответствии стандартным требованиям. Нормативное значение анализируемого

параметра качества составляет 14,0 единиц, допуск этого параметра ограничен диапазоном от 13,7 до 14,3 единиц.

*Примечание: студенты, имеющие нечетный порядковый номер по списку в журнале выбирают значения, как до регулировки, так и после регулировки, стоящие на четных местах, а студенты, имеющие четный порядковый номер по списку в журнале, выбирают значения стоящие на нечетных местах, причём в обоих случаях до выбора число с позиции № студента изымается.*

Практическая работа №3 « Разведочный визуальный анализ данных»

*Цель работы: Изучить методы визуального анализа данных*

**Сбор и анализ данных**

В условиях предприятия можно собрать огромное множество данных. Когда существует намерение применить какой-то практический способ выполнения работы, естественно оценить, пригоден он или нет. Обычно решение принимается на основе прошлых результатов и опыта, или же за основу берутся традиционные методы. В случае заводской работы, когда данные собираются на протяжении реального производственного процесса, процедурные методы вводятся исходя из полученной информации. Производственная процедура будет наиболее эффективной, если сделана её надлежащая оценка. Для этого очень важны данные с рабочих мест:

- данные и их последующая оценка, формирующие базис для действий и решений. Поскольку заводские операции различаются в зависимости от конкретной производственной процедуры, данные целесообразно классифицировать по их назначению;
- данные, позволяющие понять действительную ситуацию. Эти данные собирают, чтобы проверить разброс в размерах деталей, происходящих из-за наладки станка, или проконтролировать процент дефектных единиц, содержащихся в поступающей партии. По мере роста количества данных их нужно, для облегчения понимания и дальнейшего объяснения, статистически организовать. Тогда можно будет провести оценивание и сравнить состояние поступившей партии или производственного процесса с установленными стандартными или заданными величинами и т. д.;
- данные для анализа. Эти данные используются, например, для выявления связи между дефектом и причиной. Такие данные собирают путем изучения прошлых результатов и проведения новых испытаний, при этом для получения корректной информации используют различные статистические методы;
- данные для управления производственным процессом. Данные этого вида, полученные после проверки качества продукции, могут использоваться с целью установления, нормально ли отлажен производственный процесс или нет. Для такого оценивания применяют контрольные карты, на основе которых

принимают соответственные меры;

- данные для регулировок оборудования;

данные для приёмки и забракования. Формы этих данных используются для приемки или забракования деталей и изделий после контроля. Существует два метода контроля: сплошной и выборочный, на основе полученной информации решают, что делать с деталями или продукцией.

Данные служат основой действий. После оценивания фактического состояния, выявленного посредством данных, можно принимать надлежащие меры. Первый критический шаг – определить, представляют ли данные типичную ситуацию. Иными словами, достоверно ли собраны данные, чтобы с их помощью выявить факты, и позволяют ли собранные, проанализированные и прошедшие сравнения данные выявить факты. Первая часть формулировки относится к задачам выборочных методов, вторая – к статистической обработке данных. Необходимо всесторонне рассматривать цели сбора данных, подходящие методы взятия выборок и сортировки данных. Не следует неоправданно много набирать данные какого-то конкретного типа только потому, что их легко собирать. То же справедливо и в отношении неполных данных, которые бывают удобны для сбора, но недостаточно результативны и удовлетворительны.

Нужно, чтобы данные представляли факты, а применяемые статистические методы приводили к достоверной оценке собранных данных. Основа решения может быть найдена только после сравнения с ситуацией в целом, как она представлена на гистограмме или контрольной карте.

Даже понимая потребность в наличии данных, на многих рабочих местах зачастую трудно получить их в численных значениях.

Цель сбора данных – не в нахождении их численных значений, а в создании базы для принятия решений. Сами данные могут быть выражены в любой форме. В общем случае данные можно разделить на данные измерений (длина, вес, время и т. п.) и данные подсчётов (число дефектных единиц в партии, число конкретных дефектов, процент дефектных единиц и т. д.). Кроме того, существуют данные по относительной выгоде, данные числовых последовательностей и данные функций распределения, которые более сложны, но полезны

для тех, кто имеет дело с экспериментом, чтобы на их основе делать выводы.

После того как данные собраны, их анализируют. Нужная информация при этом извлекается с помощью использования статистических методов. Следовательно, данные необходимо организовывать таким образом, чтобы облегчить дальнейший анализ.

Прежде всего нужно чётко записывать природу данных. Между их сбором и проведением анализа может пройти значительное время. Больше того, листы данных могут пригодиться в других случаях и для другого применения. Необходимо записывать не только цель измерений, но и дату, и используемый прибор, и фамилию проводившего измерения и метод и т. д. Кроме того, записывать данные нужно в такой форме, чтобы их легко было использовать в дальнейшем.

### **Структура ввода и редактирования данных**

Набор данных в пакете Statistica – это прямоугольная таблица, столбцам которой соответствуют обрабатываемые переменные (Variables), а строкам отвечают наблюдения (Cases) значений переменных. В отличие от электронной таблицы Excel, где строки и столбцы могут быть интерпретированы пользователем по собственному желанию, в программе Statistica всё подчинено обработке случайных переменных.

Для создания нового набора данных нужно, прежде всего, завести файл с трафаретом таблицы нужных размеров. Для этого необходимо

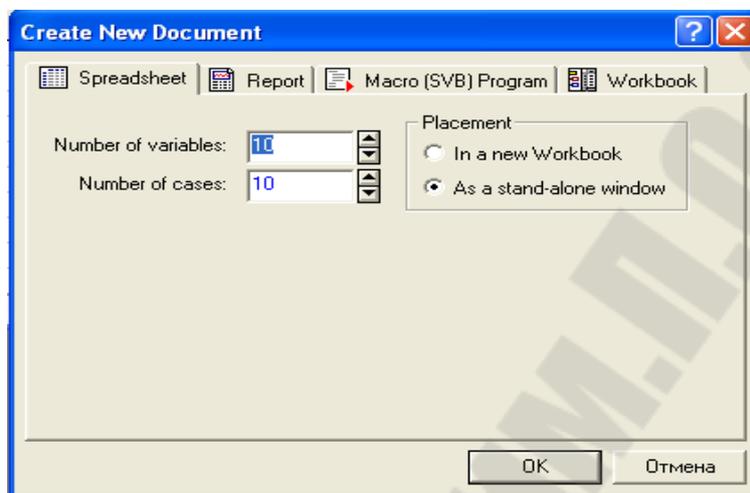
использовать модуль *File/ New*. В раскрывшемся диалоговом окне, приведенном на рисунке 3.1, необходимо выбрать нужное количество столбцов (Variables) и строк (Cases). При нажатии опции *Insert* в основном меню

или кнопки *Vars* на панели инструментов становятся доступными команды редактирования переменных (столбцов): *Add* (добавить новые переменные), *Delete* (удалить переменные), *Move* (переместить) и др.

При нажатии кнопки *Cases* становятся доступными аналогичные команды редактирования строк.

Наблюдениям и переменным в трафарете можно дать содержательные названия. В любом случае наблюдения

нумеруются. Имена переменных лучше всегда делать содержательными, а не абстрактными Var1, Var2 и т. д. Для этого необходимо дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши по переменной в трафарете, в результате чего появится диалоговое окно



**Рисунок 3.1 – Создание нового документа**

Кроме имени (Name) для каждой переменной надо указать так называемый код пропущенного значения (MD Code). По умолчанию этот код равен «-9999», и он отмечает в памяти для процедур обработки пакета, что на самом деле в определённой клетке трафарета реального значения нет. Изображается пропущенное значение на экране в наборе данных пробелом. Из обязательных атрибутов переменной надо указать тип и формат её значений. Тип (Type) определяет, будет ли переменная числовой, текстовой, датой, временем и прочее, а формат (Format) описывает размеры значений переменной. При этом формат каждой переменной нужно определить особенно тщательно. По умолчанию он числовой с фиксированной точкой, где под все значащие цифры, знак числа и десятичную точку отведено 8 символов, 3 из которых предназначены для дробной части. Значениям переменной можно также дать развернутый содержательный комментарий (Long Name).

В этом же поле можно задать формулу, по которой будет рассчитываться выбранная переменная; например, можно написать  $=v1+v2$ , и тогда выбранная переменная может быть пересчитана по указанной формуле: найдена сумма первой и

второй переменной. В формулах переменные можно обозначать буквой *v* с указанием номера (например, *v1* означает первый столбец) или написать действительные названия переменных. Чтобы пересчёт состоялся, нажмите кнопку «ОК» и согласитесь с предложением «Recalculate the variable now». Другой способ – нажать кнопку *Vars* и выбрать команду *Recalculate*. После точки с запятой в поле формулы можно написать комментарий.

Приведём пример **многомерной** таблицы с данными (табл. 3.1).

С созданными файлами можно выполнять следующие операции:

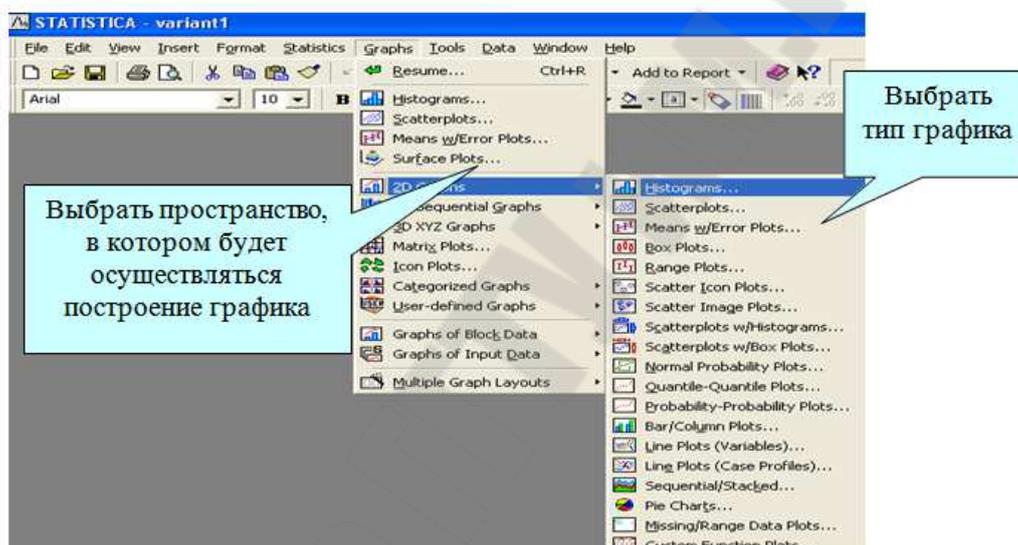
- открытие файла данных: в меню *File* необходимо выбрать *Open* и открыть интересующий файл;
- сохранение файла: в меню *File* необходимо выбрать *Save as...* дать имя файлу и указать место, где сохранить файл;
- импорт файла данных Excel (\*.xls), dBase (\*.dbf), ASCII (например, \*.txt): в меню *File* необходимо выбрать *Import Data* (импорт данных);
- печать файла (в меню *File* необходимо выбрать *Print...*). Файлы данных в программе *Statistica* имеют расширение *sta*.

Таблица 3.1

### Данные по ремонту оборудования

Дата	Установка	Оборудование	Дефект	Цена потерь, руб.	Результат
02.05.2007	ТВА160	ЧПТВА	Остановка	5500	Не устранён
03.05.2007	ДС158	1015	Погрешность	4600	Откалиброван
06.05.2007	ТВА160	ЧПТВА	Остановка	3250	Не устранён
09.05.2007	ДС158	ПК	Сбой	5180	Устранён
10.05.2007	СПЕСО	Фильтр	Поврежд. цепи	6380	Отремонтирован
21.05.2007	ДС158	Горелка	Бурс	1500	Отремонтирован
25.05.2007	МАП	ЧПМАП	Остановка	7560	Отремонтирован
14.06.2007	ТВА160	Термо	Износ	2000	Замена
17.06.2007	ДС1581	510	Поврежд.цепи	1100	Устранён
19.06.2007	МАП	Фильтр	Пурф	1700	Отремонтирован
22.06.2007	ТВА160	ЧПТВА	Остановка	5940	Не устранён

Дата	Установка	Оборудование	Дефект	Цена потерь, руб.	Результат
23.06.2007	МАП	Фильтр	Пурф	2460	Отремонтирован
23.06.2007	ТВА160	ЧПТВА	Остановка	1750	Не устранён
10.07.2007	ДС158	Пневмо	Остановка	4300	Отремонтирован
15.07.2007	СПЕСО	Горелка	Не разжигается	4300	Отремонтирован
19.07.2007	МАП	Термо	Износ	5690	Замена
29.07.2007	ДС158	Горелка	Бурс	2100	Отремонтирован
05.08.2007	ТВА160	ЧПТВА	Остановка	4000	Не устранён



**Рисунок 3.2. Графический анализ в пакете Statistica**  
**Визуальный анализ данных**

Визуальные методы анализа данных чрезвычайно важны для предварительного исследования. Многие скрытые явления становятся отчетливыми, если для них найти подходящее графическое представление. Кроме того, многие сложные задачи решаются чрезвычайно простыми методами описательной статистики.

*График* – это чертёж, показывающий соотношение статистических величин при помощи разнообразных геометрических и изобразительных средств. В пакете Statistica графический анализ проводится через опцию *Graphs* (рисунок 3.2).

Опция Graphs позволяет построить различные виды графиков. Рассмотрим наиболее распространённые из них.

### Диаграмма рассеяния

Диаграммой рассеяния называется представление элементов выборки как точек на плоскости. Диаграмма строится по команде *Graphs/ Scatterplots*. В появившемся окне (рисунок 3.2) необходимо нажать кнопку *Variables:* и указать переменные – аргумент и функцию. Во вкладке *Advanced* можно указать тип подгоночной функции (Fit) или отключить её (Off). Опция *Graph type:* позволяет построить множество графиков на разных (Regular) или одной (Multiple) сетке.

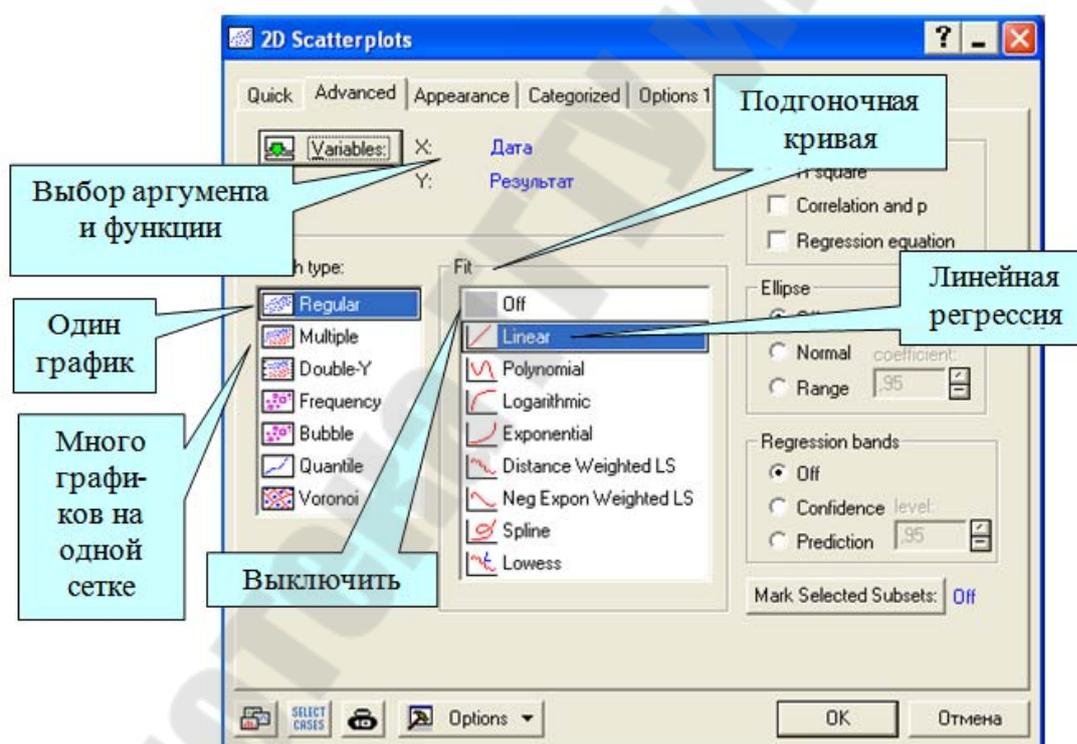
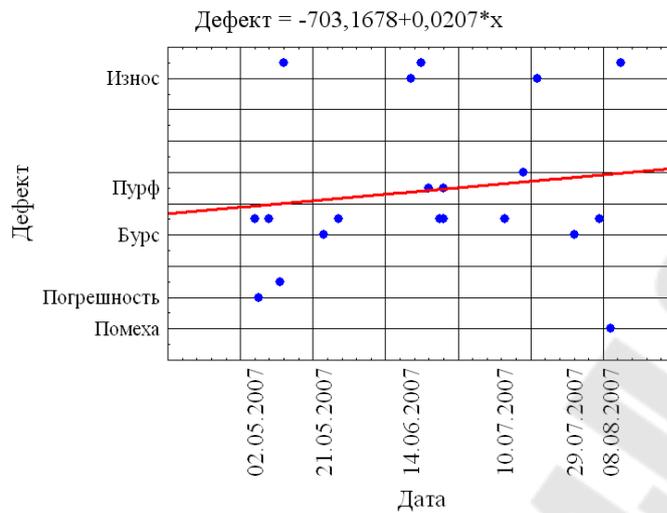


Рисунок 3.2. Окно настройки графика

Построим диаграмму рассеяния для данных из таблицы 3.1 (рис. 3.3).

Прямая на диаграмме рассеяния – это график простой линейной регрессии  $y = -703,1678 + 0,0207x$ .



**Рисунок 3.3. Пример диаграммы рассеяния**

### Задания для самостоятельной работы

**Задание 1.** Визуализация значений заданных переменных с использованием статистических графиков.

Для файла с исходными данными var1.sta построить гистограммы (команда *Graphs/Histograms*) для двух переменных на одном графике в зависимости от номера вашего варианта N: VarN, VarN+1. Использовать опцию *Multiple* (несколько графиков на одной сетке) во вкладке *Quick*.

Для тех же переменных построить столбчатую диаграмму (*Graphs/ 2D Graphs/ Bar Columns Plots*).

Для переменной VarN построить круговую диаграмму (*Pie Chart - Counts*). Обратите внимание, как строится график *Pie Chart* при изменении переменной *Categories*.

Для переменных VarN, VarN+1, VarN+2 построить 3D график (*Graphs/ 3D XYZ Graphs/ Surface Plots*). Обратите внимание, что трёхмерный график можно разворачивать на любой угол в подменю «свойства графика / все свойства». Настроить графики, подписав переменные и оси.

**Задание 2.** Исходные данные (файл var\_6\_2.sta) представляют собой базу дефектных ведомостей по ремонту техники.

Провести статистические испытания (на ваше усмотрение) и интерпретировать полученные результаты. Необходимо выявить:

1. Наиболее проблемное оборудование.
2. Машинистов, на долю которых приходится наибольшее число дефектов.
3. Периоды времени, когда появление дефектов наиболее вероятно.
4. Является ли появление дефектов абсолютно случайным или существует какая-то особая причина, требующая выявления и устранения?

## **Практическая работа №4 «Контроль качества»**

*Цель работы: Изучить инструментальные методы контроля качества производственных процессов и продукции*

### **Статистические методы контроля качества**

Качество относится к числу важнейших критериев функционирования предприятия в условиях относительно насыщенного рынка и преобладающей неценовой конкуренции. Эффективно управлять процессами производства – значит активно использовать экономические и организационные рычаги воздействия на разработку, производство и эксплуатацию изделий. Качество продукции обеспечивается в первую очередь самим изготовителем на всех этапах жизненного цикла, начиная с проектирования и разработки, а также непрерывно в процессе производства. Для того чтобы выпускать продукцию высокого технического уровня и качества, необходимо эффективно управлять процессами формирования этих комплексных и обобщающих характеристик изделий.

При осуществлении контроля качества производится обязательный сбор данных, а затем их обработка. Но данные, касающиеся даже одного и того же параметра изделия, не могут быть многократно получены при идентичных условиях, так как в ходе процесса меняются отдельные процессы и обстоятельства. Поэтому при операциях, относящихся к контролю качества, приходится иметь дело с большим числом данных, характеризующих те или иные параметры изделия, условия процесса и т. д. Эти данные при повторных измерениях всегда оказываются несколько отличающимися от полученных в другое время и при других условиях, то есть всегда наблюдается разброс данных. Анализируя разброс данных, можно найти решение возникшей в процессе производства проблемы.

### **Цели управления качеством с помощью статистических методов**

При повторяющихся рабочих процессах, прежде всего при серий – ном и массовом производстве, определённые факторы снижения качества становятся типичными. Использование

математико-статистических методов даёт возможность исследовать протекание технологического процесса.

В таком случае говорят, что процесс изготовления является статистически управляемым. Статистические методы позволяют обнаружить: где, когда, кем и при каких обстоятельствах вызваны те или иные помехи в производственном процессе. Это повышает чувство ответственности всех участников производственного процесса, способствует тесному сотрудничеству и рождает новое отношение к понятию «качество».

### **Диаграмма причин и результатов**

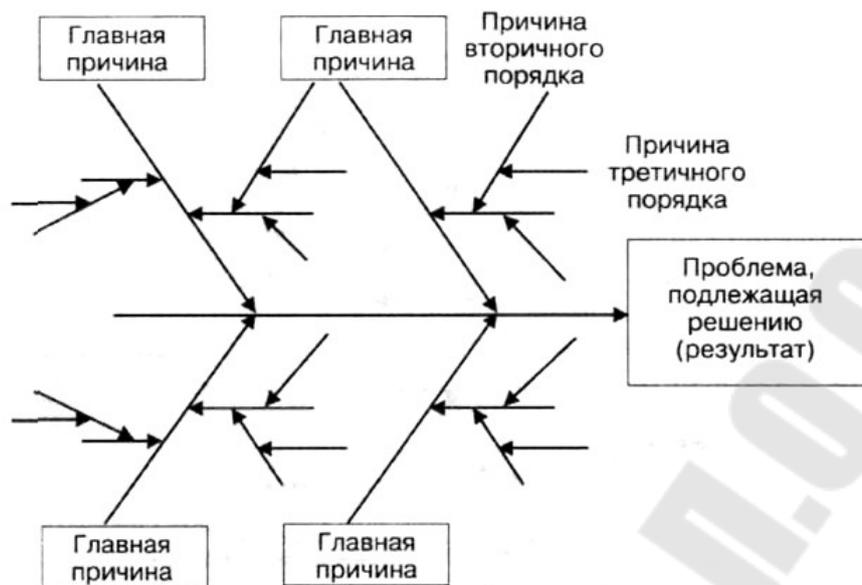
Когда решается задача анализа возможных причин, ответственных за тот или иной дефект или проблему, целесообразно эти причины определённым образом упорядочить, провести их классификацию, выявить максимально возможное их количество без риска упустить какую-нибудь из них. При этом очень важно обеспечить наглядность, т. е. ситуацию, при которой все причины и их отношение к результату постоянно находились бы в поле зрения.

Объектами исследования с помощью причинно-следственных диаграмм могут быть: появление дефектности изделий, увеличение расходов на устранение брака, падение спроса на продукцию на рынке, управление персоналом и т. д.

Диаграмму причин и результатов впервые внедрил в производственную практику профессор Токийского университета Каору Исикава (1953 г.).

Безусловно, это один из наиболее элегантных и широко используемых методов среди так называемых семи простых инструментов контроля качества. Иначе диаграмму Исикавы называют причинно – следственной диаграммой или «рыбий скелет» (рисунок 4.1).

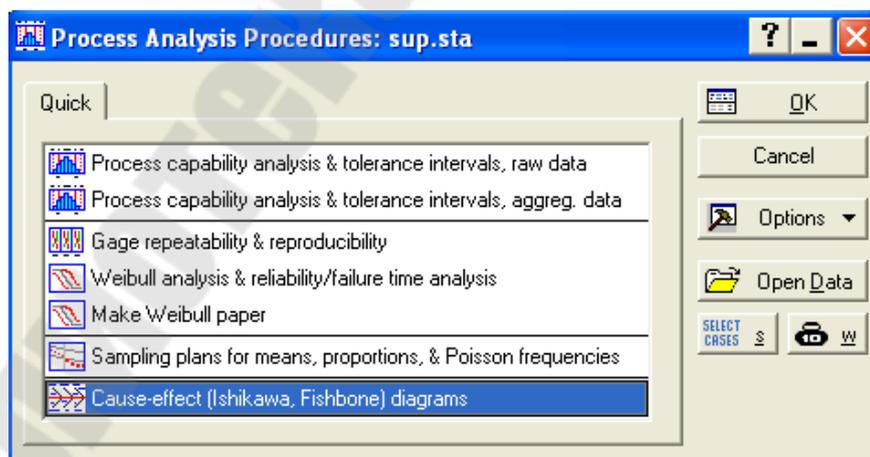
Для построения причинно-следственной диаграммы данные заносятся в таблицу рабочего окна, как показано на рисунке 4.2. Затем в основном рабочем окне системы в выпадающем меню выберите команду *Statistics / Industrial Statistica & Six Sigma / Process Analysis* (рисунок 4.3).



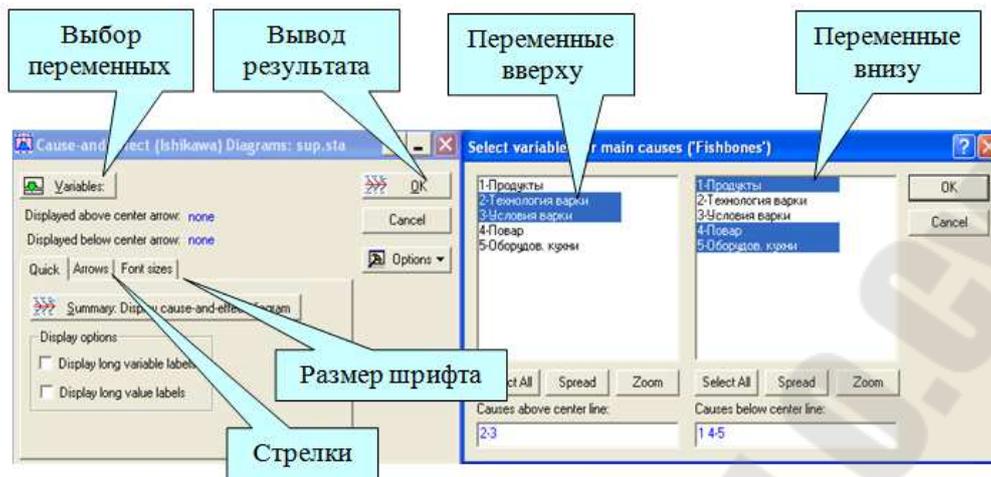
**Рисунок 4.1. Диаграмма причин и результатов**

Варка супа					
	1	2	3	4	5
	Продукты	Технология варки	Условия варки	Повар	Оборудов. кухни
1	Вода	Закрытая крышка кастрюли	Время	Опыт работы	Исправная плита
2	Соль	Сначала варить бульон	Температура плиты	Квалификация	Большая кастрюля
3	Мясо	Снимать пену при варке бульона		Знание рецепта	Острый нож
4	Картофель	Нарезать продукты ножом			Доска для нарезки
5	Морковь	Не допускать разваривания			
6	Лук				
7	Лапша				
8	Приправы				

**Рисунок 4.2. Пример данных для причинно-следственной диаграммы**

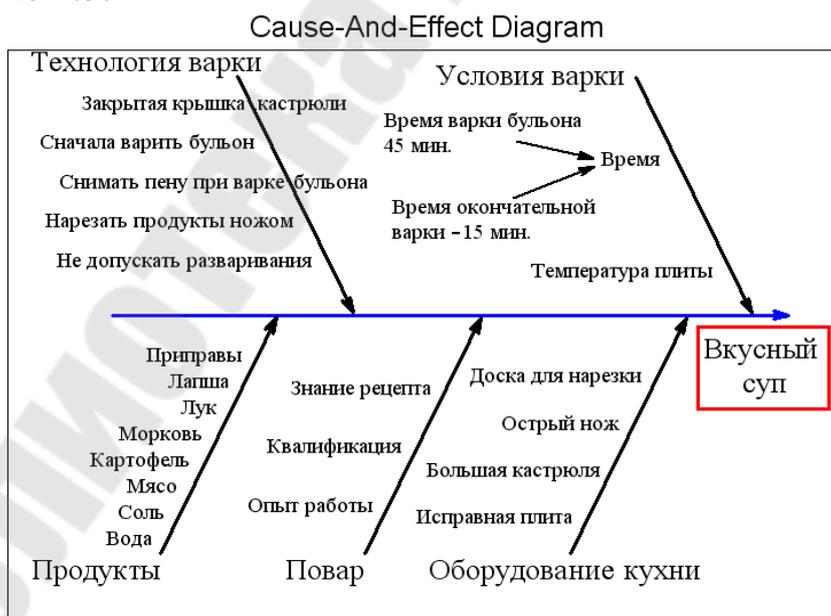


**Рисунок 4.3. Диалоговое окно выбора диаграммы Ишикавы**



**Рисунок 4.4. Окна выбора переменных для причинно-следственной диаграммы**

В появившемся окне выберите команду *Cause-effect (Ishikawa, Fishbone) diagrams* и нажмите *OK*. Появится окно, показанное на рис. 6.4, в котором с помощью кнопки *Variables* необходимо отметить, какие факторы будут находиться сверху «хребта рыбы», а какие внизу. С помощью вкладок *Arrows* и *Font sizes* можно выбрать размер шрифтов для надписей, толщину и угол наклона линий «костей». Пример диаграммы показан на рисунке 4.5. Все линии и надписи на диаграмме можно изменить и передвинуть. Дорабатывать диаграмму можно с помощью панели рисования, что и сделано на рисунке 4.5.



**Рисунок. 4.5. Причинно-следственная диаграмма**

Нанесите на диаграмму всю необходимую информацию: её название; наименование изделия, процесса или группы процессов; имена участников процесса; дату и т. д. Это можно сделать с помощью панели рисования, доступной в программном окне.

Построенную диаграмму Исикавы необходимо постоянно совершенствовать. Это позволяет получить действительно ценный документ, который поможет в решении и других проблем, которые могут возникнуть в дальнейшем не только в связи с рассматриваемым показателем качества, но и при возникновении других дефектов или несоответствий (рисунок 4.6).

Дальнейшая работа будет состоять в том, чтобы на основе наблюдений за реальным процессом, в результате которого потеря качества, установить действительную связь между исследуемым показателем качества и выбранными факторами (причинами), которые оказывают на него наибольшее негативное воздействие.



**Рисунок 4.6. Причинно-следственная диаграмма для некачественного фотокопирования**

## **Закон 80/20**

Смысл закона, восходящего к работам социолога Вильфредо Парето, состоит в том, что за 80 % результата отвечает 20 % причин.

Поскольку подавляющую долю эффекта определяет лишь небольшая доля элементов, дающих максимальный вклад, их влияние оказывается непропорционально велико, поэтому этот закон также называют принципом дисбаланса.

Под «результатом» процесса может пониматься, например, суммарный объём продаж многономенклатурного товара, благосостояние населения страны, объём товара на складе, количество жителей городов и т. п. Важным является то, чтобы число составляющих (количество ассортиментных позиций, население страны, количество городов и т. д.), было бы велико.

Популярность закона Парето определяется с одной стороны его чрезвычайной простотой и наглядностью, а с другой стороны – возможностью применения в анализе очень широкого круга процессов. Например:

80 % пыли подметается с 20 % пола, по которому чаще всего ходят; 80 % стирки уходит на 20 % одежды, которую чаще всего носят;

80 % покупок делают 20 % покупателей;

80 % телефонных звонков делают 20 % абонентов; 80 % продукции выпускают 20 % предприятий;

80 % работы делают 20 % людей;

80 % людей считают, что они входят в эти 20 %;

80 % пользования файлами осуществляется в пределах 20 % файлов; 80 % времени, отдаваемого чтению, тратится на 20 % газетных страниц;

80 % прибыли дают только 20 % клиентов;

80 % потерь на производстве дают только 20 % видов дефектов, а оставшиеся 80 % видов дефектов обуславливают остальные 20 % потерь.

Конечно, соотношение 80/20 не является абсолютным и универсальным, хотя, как правило, отклонения от этого соотношения не очень велики.

## **Анализ Парето**

В большинстве случаев подавляющее число дефектов и связанных с ними материальных потерь возникает из-за относительно

небольшого числа причин. Таким образом, выяснив причины появления основных дефектов, можно устранить почти все потери, сосредоточив усилия на ликвидации именно этих причин.

Диаграмма Парето – это инструмент, позволяющий распределить усилия для разрешения возникающих проблем и выявить основные причины, которые нужно проанализировать в первую очередь

С помощью анализа Парето можно выявить, какой из видов дефектов приносит наибольшие потери во времени или в материалах, какие дефекты встречаются наиболее часто. Можно анализировать экономические проблемы предприятия, социальные процессы в больших коллективах, психологические проблемы в группах и много других проблем, возникающих в производственной, экономической, социальной и других сферах деятельности [6]. Диаграммы Парето применять целесообразно только в том случае, когда анализируется большое число видов дефектов или причин их появления и когда выявление группы существенных причин затруднено.

Диаграмма Парето по результатам деятельности предназначена для выявления главной проблемы. Она отражает нежелательные результаты деятельности: дефекты, поломки, отказы, ремонты, возвраты продукции, объём потерь, затраты, нехватку запасов, ошибки в составлении счетов, срыв сроков поставок и прочее.

Диаграмма Парето по причинам отражает причины проблем, возникающих в ходе производства. Она используется для выявления главной из них: исполнитель работы, оборудование, сырьё, метод работы, измерения.

Построение диаграммы Парето начинают с классификации возникающих проблем по отдельным факторам (например, проблемы, относящиеся к браку, к работе оборудования или исполнителей и т. д.). Затем производят сбор и анализ по каждому фактору, чтобы выяснить, какие из этих факторов являются преобладающими при решении проблем.

В качестве примера рассмотрим данные по ремонту оборудования и построим диаграмму Парето для дефектов и вызванных ими потерь (4 и 5 столбцы таблицы). Выберем модуль Statistics / Industrial

Statistic & Six Sigma / Quality Control Charts / Pareto chart analysis (рисунок 4.7). В появившемся диалоговом окне, приведённом на

рисунке 4.8, необходимо выбрать формат для ввода данных и нажать ОК. Если диаграмма строится только по причинам, используются настройки по умолчанию – Codes (requires tabulation of data codes). Если диаграмма строится по причинам и стоимости, выбираем опцию Codes and counts (one variable with defect type, one variable with counts), как показано на рисунке 4.8.

В появившемся диалоговом окне осталось выбрать переменные так, как показано на рисунке 4.9 и нажать ОК. В результате будет построена диаграмма Парето, приведённая на рисунке 4.10.



Рисунок 4.7. Окно выбора типа контрольной карты

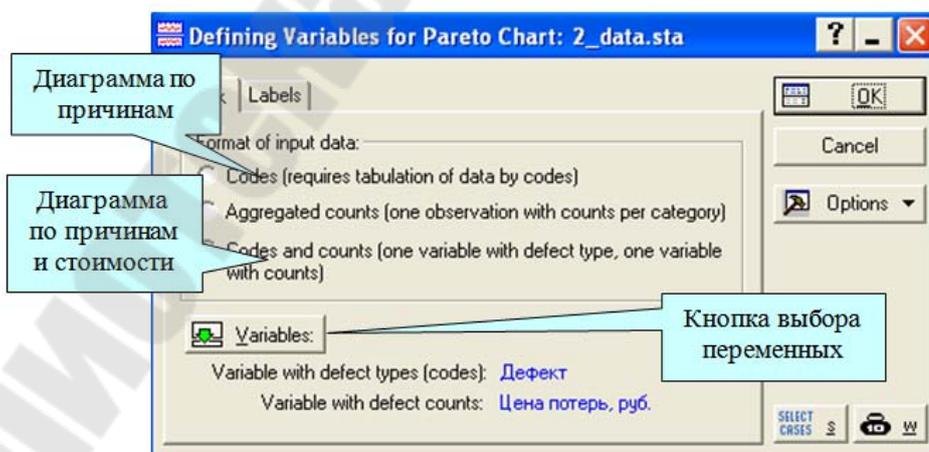
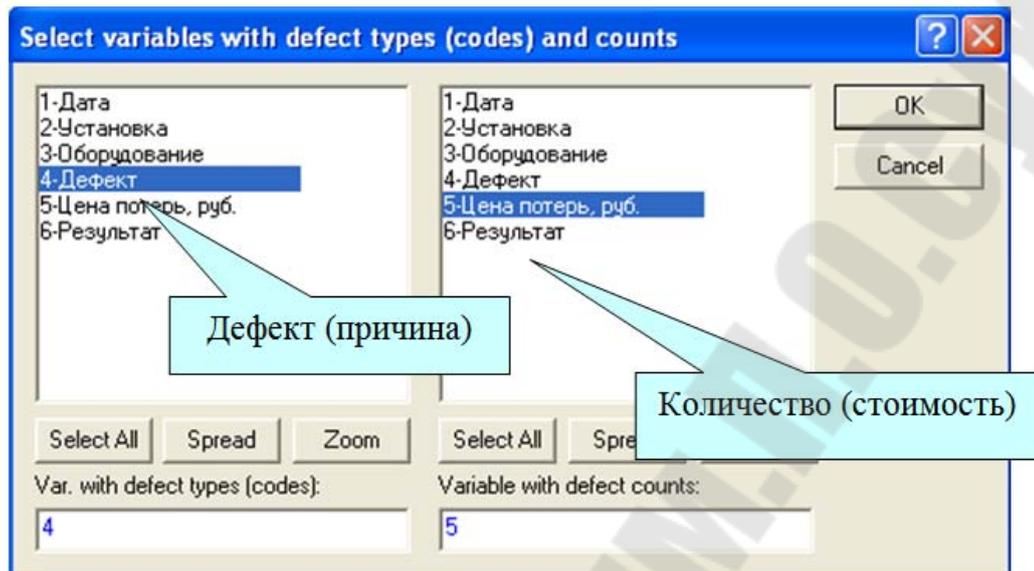
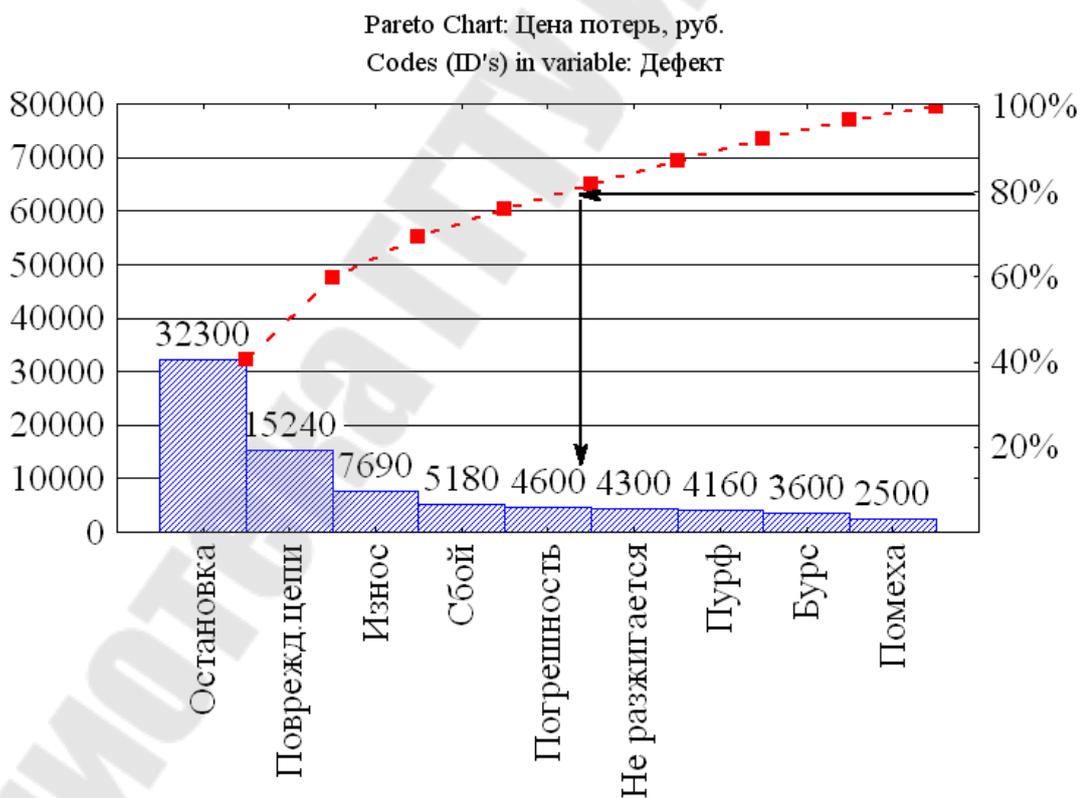


Рисунок 4.8. Выбор формата данных для диаграммы Парето

**Рисунок 4.9. Окно выбора переменных для диаграммы**



### Парето



**Рисунок 4.10. Диаграмма Парето**

Диаграмму можно отредактировать с помощью панели рисования и с помощью настроек панели «свойства графиков». На рис. 6.10 таким образом отмечено 80 % дефектов – остановка, повреждение цепи, износ, сбой, погрешность. Остальные дефекты дают только 20 % потерь. Диаграмму можно вывести в виде таблицы, если вернуться к окну построения диаграммы и нажать кнопку Display chart summary. Накопленный процент отображается в последней строке таблицы.

С помощью диаграммы по результатам выявляются существенные дефекты. Затем из них выбирается дефект, который встречается наиболее часто, после чего выдвигаются предположения о том, какие причины могут быть ответственны за этот дефект. Здесь можно использовать в качестве метода анализа диаграмму Исикавы. Далее на основе дополнительных наблюдений строится диаграмма Парето по причинам и из них выявляются существенные, которые и устраняются в первую очередь. Подобным образом последовательно устраняются все существенные дефекты, выявленные с помощью диаграммы по результатам.

После устранения существенных дефектов снова строится диаграмма Парето по результатам и выявляются существенные дефекты среди оставшихся. Эти дефекты снова анализируются с помощью диаграммы по причинам и затем устраняются.

### **Карты контроля качества**

Изготовление продукции всегда связано с непостоянством условий производства [6]. Это приводит к изменениям качества изготавливаемых изделий. При хорошо спланированном и правильно осуществляемом процессе эти изменения незначительны. В таком случае говорят, что процесс является статистически подконтрольным. Как правило, производственные процессы протекают в статистически регулируемом состоянии, однако случаются ситуации, когда под воздействием неслучайных причин процесс выходит из состояния статистического контроля. В таких случаях необходимо как можно быстрее обнаружить причину этих вариаций, что без применения специальных методов сделать порой весьма трудно.

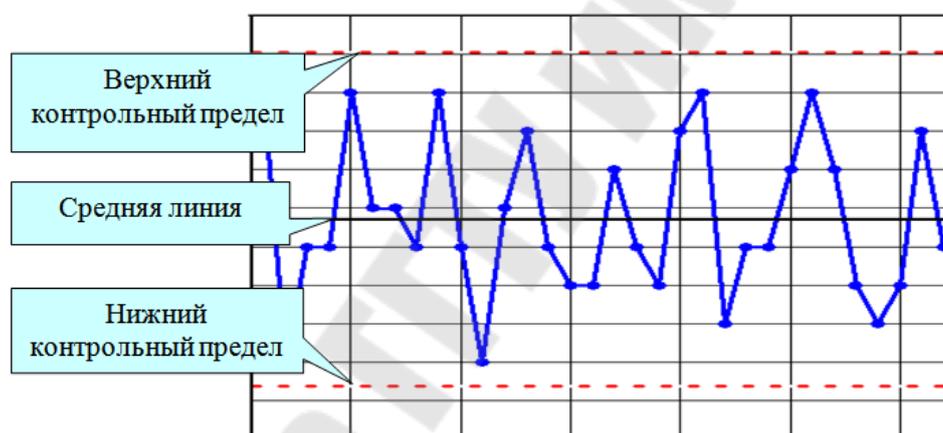
Для решения этой задачи используется механизм, разработанный в 1924 году американским инженером Вальтером Шухартом, базирующийся на использовании контрольных карт, часто называемых картами Шухарта. Карты контроля качества, или контрольные карты служат для постоянного контроля за тем, чтобы

производственный процесс оставался статистически подконтрольным. Основная цель применения контрольных карт – быстрое обнаружение характера изменений в производственных процессах по результатам наблюдения за параметрами продукции с целью поиска их причин и корректировки процесса ещё до того, как начнёт появляться бракованная продукция.

Все описанные ранее статистические методы дают возможность зафиксировать состояние процесса в определённый момент времени.

В отличие от них метод контрольных карт позволяет отслеживать состояние процесса во времени и более того – воздействовать на процесс до того, как он выйдет из-под контроля.

Контрольные карты – это линейные графики для оценки управляемости процесса по результатам сравнения отдельных измерений с заданными контрольными границами (рисунок 4.11).



**Рисунок 4.11. Пример контрольной карты**

Всякая контрольная карта состоит обычно из трёх линий. Центральная (средняя) линия представляет собой требуемое среднее значение характеристики контролируемого параметра качества. Две другие линии, одна из которых находится над центральной – верхний контрольный предел (UCL – Upper Control Level), а другая под ней – нижний контрольный предел (LCL – Lower Control Level), представляют собой максимально допустимые пределы изменения значений контролируемой характеристики (показателя качества), чтобы считать процесс удовлетворяющим предъявляемым к нему требованиям.

Контрольные карты применяются как для анализа количественных данных, когда результаты измерений показателя качества непрерывны и выражаются в числовой форме, так и в случае, когда информация об объектах дискретна и ограничена выводом типа «годен»–«не годен». В первом случае применяются контрольные карты по количественному признаку, во втором – по альтернативному. Подробнее о видах карт можно прочитать в работе [6].

#### **Контрольная карта индивидуальных значений**

Эта карта применяется, когда наблюдение производится над сравнительно небольшим числом объектов, и все они подвергаются контролю. Чаще всего это бывает при наладке и настройке процесса, когда преследуется цель его предварительного исследования. Карта удобна тогда, когда процесс протекает в реальном времени и есть возможность оперативного вмешательства в него в случае выхода параметра качества за допустимые пределы.

Порядок построения карты следующий.

1. Данные измерения исследуемой величины  $x_i$  регистрируются *последовательно с равным шагом*. Предположим, например, что необходимо контролировать концентрацию некоторого вещества в химическом процессе. Вы наблюдаете процесс в реальном времени в течении 32 часов и снимаете с датчиков нужную характеристику каждый час (таблица. 4.1, первый столбец).

*Таблица 4.1*

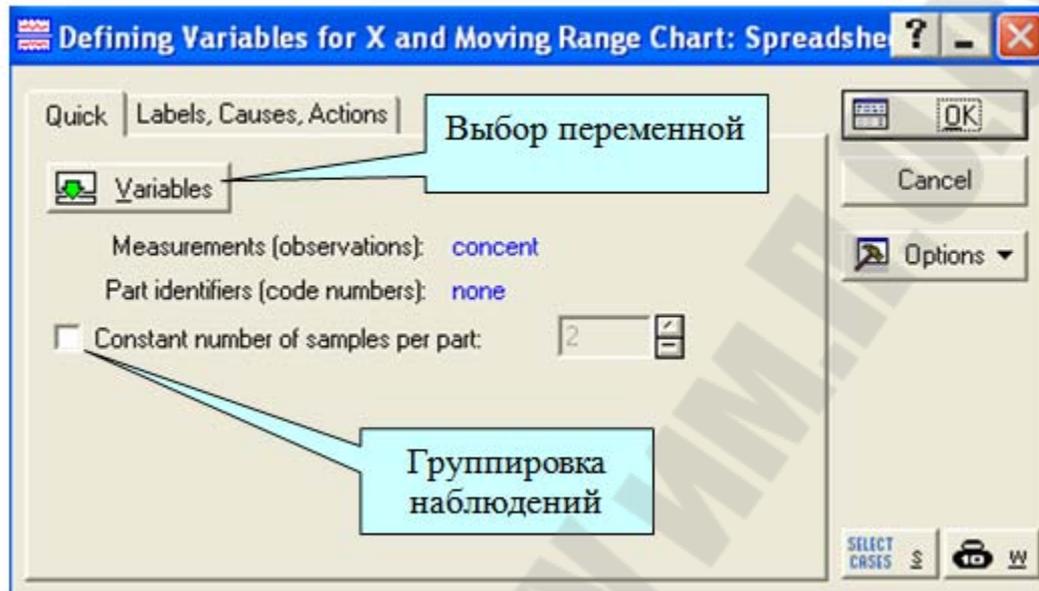
#### **Наблюдаемые значения концентрации вещества**

Наблюдаемое значение ( $x_i$ )	Номер наблюдения в выборке
102	1
95	2
98	3
98	4
102	1
99	2
99	3
98	4
102	1
98	2

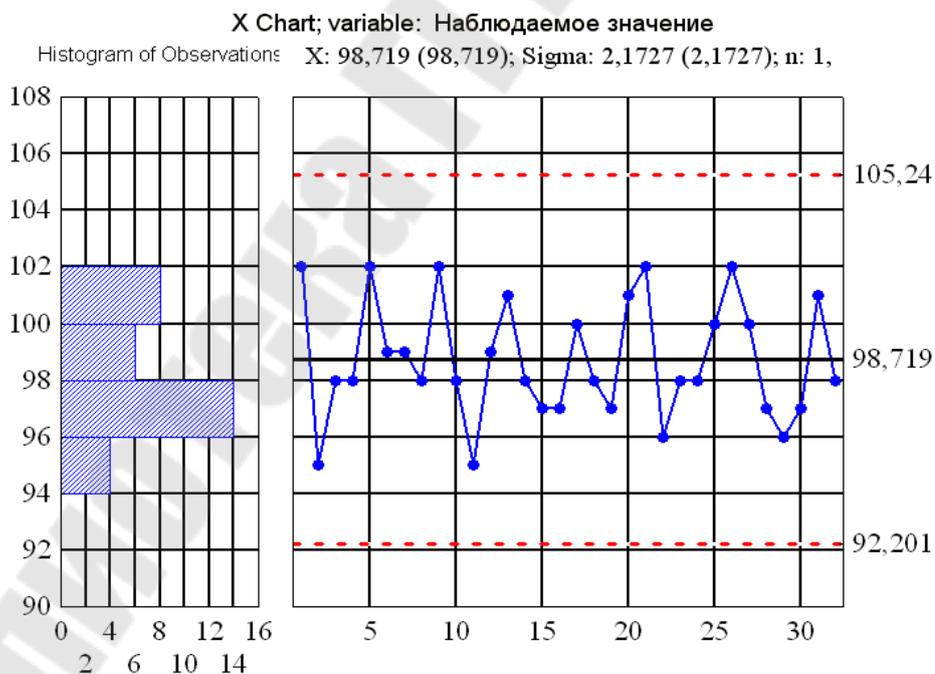
Наблюдаемое значение ( $x_i$ )	Номер наблюдения в выборке
95	3
99	4
101	1
98	2
97	3
97	4
100	1
98	2
97	3
101	4
102	1
96	2
98	3
98	4
100	1
102	2
100	3
97	4
96	1
97	2
101	3
98	4

2. Запустить модуль *Statistics / Industrial Statistics & Six Sigma / Quality Control Charts*. На стартовой панели (рисунок 4.7) выбрать *Individuals & moving range* (отдельные наблюдения и скользящий размах) и нажать кнопку *OK*.
3. В появившемся диалоговом окне выбрать переменную с измерениями – *Measurements (observations)* (рисунок 4.12) и нажать *OK*. В результате будет построена контрольная карта, приведённая на рисунке 4.13. Имеется возможность группировки данных, если наблюдений слишком много. При этом у каждой выборки будет вычислено среднее значение, которое наносится на карту. Для

группировки необходимо указать переменную *Part identifiers (code numbers)*, где должны быть номера вы – борок. Если объём каждой выборки постоянный, это можно указать прямо в окне на рисунке 4.12, отметив чекбокс *Constant number of samples per part* и введя нужный объём выборки.



**Рисунок 4.12. Окно выбора переменной для контрольной карты**



**Рисунок 4.13. Контрольная карта индивидуальных значений**

В зависимости от расположения точек относительно границ регулирования и средней линии можно сделать заключение о состоянии процесса. В данном случае все точки лежат внутри границ регулирования и их разброс относительно средней линии можно считать относительно равномерным. Исследуемый процесс находится в состоянии статистического регулирования. Если на контрольную карту нанести поле допуска и сравнить его расположение с границами регулирования, то можно сделать заключение относительно настройки и наладки процесса.

Недостатком  $x$ -карты является то, что она не даёт наглядного представления как о динамике изменения наладки процесса, так и о динамике уровня его настройки, т. е. не позволяет судить об изменении во времени величины поля рассеяния и положения его центра. Поэтому применение этой карты ограничивается, как правило, предварительной оценкой процесса.

### **Контрольная карта средних значений и размахов**

Эта карта применяется при массовом производстве. Достоинство её состоит, во-первых, в том, что она позволяет отслеживать во времени как настройку процесса, так и его наладку, а во-вторых, выводы относительно характеристик делаются на основе малых выборок из большого числа рассматриваемых единиц продукции, что существенно удешевляет контроль текущих характеристик процесса [7].

Порядок построения карты в системе Statistica следующий.

4. Все единицы продукции последовательно во времени подразделяются на группы, из которых в последствии будут браться малые мгновенные выборки. Группы могут быть представлены как выработка за час, смену или за другой промежуток времени.
5. Из каждой группы берётся случайная выборка объёмом не более 10-ти единиц продукции. Чаще всего объём выборки составляет 4–5 единиц. Таких последовательных во времени выборок следует взять не менее 20–25 штук.

В примере (таблица 4.1) результаты измерений записаны в первом столбце, номера групп – во втором.

6. Запустить модуль *Statistics / Industrial Statistics & Six Sigma / Quality Control Charts*. На стартовой панели (рисунок 4.7) выбрать *X-bar & R chart for variables* и нажать кнопку *OK*.
7. В появившемся диалоговом окне выбрать переменную с

измерениями – *Measurements* и переменную – номера выборок *Sample Idents (opt.)* и нажать *OK*. В результате будет построена контрольная карта, приведённая на рисунок 4.14. Здесь также если объём каждой выборки постоянен, это можно указать прямо в окне выбора переменных, отметив чекбокс *Constant number of samples per part* и введя нужный объём вы – борки.

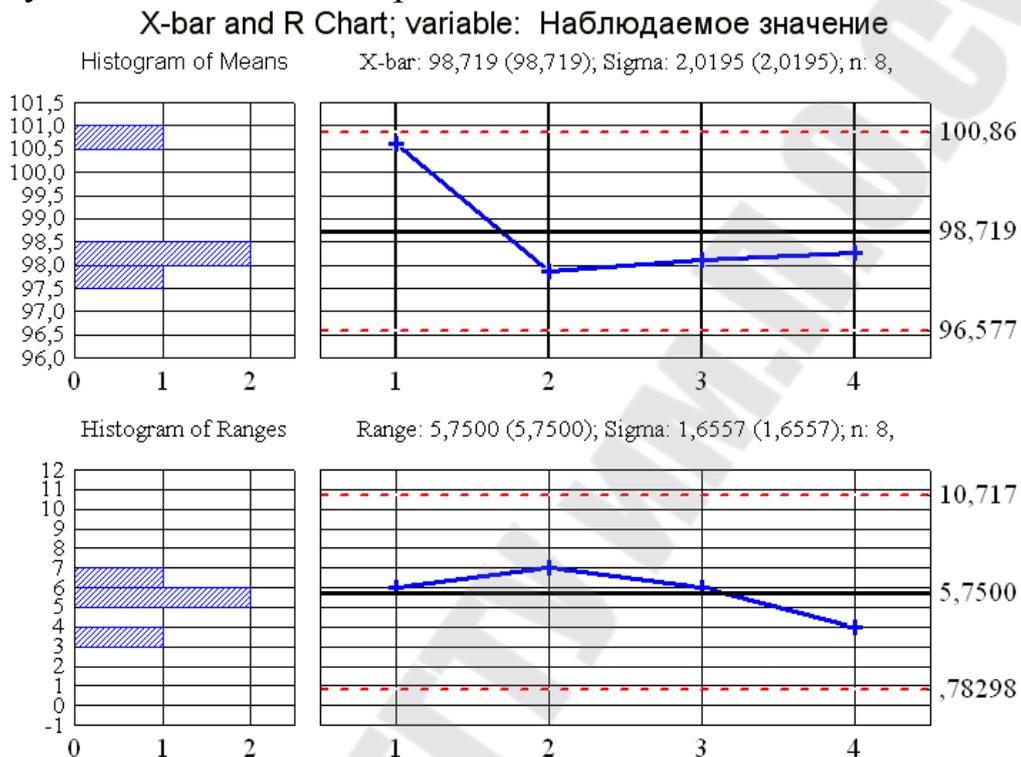


Рисунок 4.14. Контрольная карта средних значений и скользящих размахов

На *x*-карте скользящих средних все точки попадают внутрь контрольных границ. На контрольной карте скользящих размахов все точки также находятся внутри контрольных границ. Размахи служат оценкой изменчивости характеристик, поэтому можно сказать, что концентрация вещества подчиняется требованиям статистического контроля по уровню средних и изменчивости.

### Чтение контрольных карт

Достоинство контрольных карт в управлении процессом состоит в том, что они дают точное представление о состоянии объекта управления (процесса) с помощью анализа карты. Это позволяет быстрее принимать необходимые корректирующие меры, если процессу угрожает выход из-под контроля и возможность появления брака.

Выход процесса из-под контроля оценивается по следующим критериям.

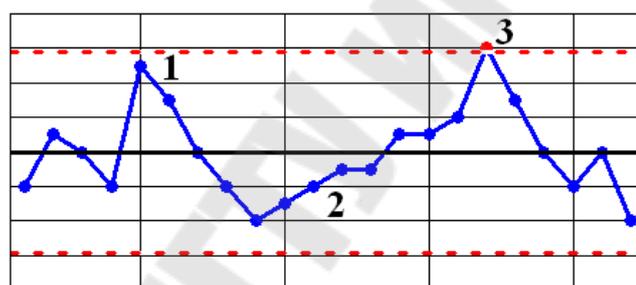
Точки выходят за контрольные пределы (UCL, LCL) или лежат на них

Процесс вышел из состояния статистического контроля, т. е. стал нестабильным, и характеристики его изменились (рисунок 4.15). Если при этом выхода за границы допуска нет, то вмешательство в процесс не требуется.

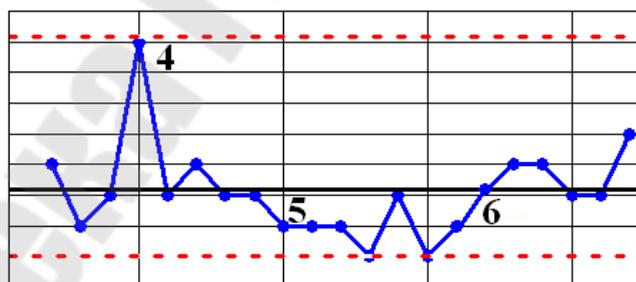
Если на процесс действуют только обычные причины, то такой процесс называется стабильным. Настройка и разброс стабильного процесса со временем не меняются.

Для стабильного процесса вероятность выхода за контрольные границы среднего и размаха в группе очень мала (меньше 0,01). И если точка всё-таки вышла за контрольные границы, то, скорее всего, это является следствием воздействия особой причины.

x:



Moving R



**Рисунок 4.15. Выход точки за контрольный предел, дрейф и серия точек**

При построении  $x$ - $R$  карты могут возникнуть следующие ситуации

1. За границами регулирования находятся точки на  $R$ -карте и соответствующие им точки на  $x$ -карте (рисунок 4.15, точки 1, 4). Это означает, что за счёт обычных (внутренних) причин увеличилось технологическое рассеяние, т. е. возросла величина. В этом случае следует заняться поиском и устранением причин разладки процесса.

2. За границами регулирования находятся точки на  $x$ -карте, но при этом соответствующие им точки на  $R$ -карте лежат в границах регулирования (рис. 4.15, точки 3, 7). Поскольку по  $R$ -карте выхода за границы регулирования нет, полное технологическое рассеяние остаётся прежним, т. е. наладка процесса не изменяется. Значит, есть все основания предполагать, что выход за границы регулирования по  $x$ -карте произошёл потому, что распределение по  $x$  сместилось в сторону больших или меньших значений контролируемого признака. Это, как правило, является результатом воздействия на процесс какой-то особой внешней причины, изменяющей его настройку. Дальнейшие действия должны быть связаны с поиском и устранением этой причины.

3. За границами регулирования наблюдаются точки на  $R$ -карте, а также соответствующие им и не соответствующие точки на  $x$ -карте. Это говорит о наличии как обычных, так и особых причин, ухудшающих процесс.

Часто встречается ситуация, когда влияние первой обнаруженной особой причины настолько велико, что из-за неё не видно влияния других причин. В этом случае соответствующую точку исключают из набора данных и строят карту заново. Влияние других причин становится видимым. Таким образом, последовательно, шаг за шагом обнаруживая особое поведение точек на контрольной карте и устанавливая их причины, делают процесс прозрачным, доступным нашему пониманию [15].

#### Наблюдается серия точек

Серия – это такое состояние процесса, при котором последовательные точки лежат по одну сторону от средней линии (рис. 4.16, точки 5).

Число таких точек называется длиной серии. Процесс нестабилен, если:

- серия состоит из 7 точек и более;
- 10 точек из 11 лежат по одну сторону от средней линии;
- не менее 12 точек из 14 лежат по одну сторону от средней линии;
- не менее 16 точек из 20 лежат по одну сторону от средней линии.

Причиной серии является внешнее воздействие на процесс, которое

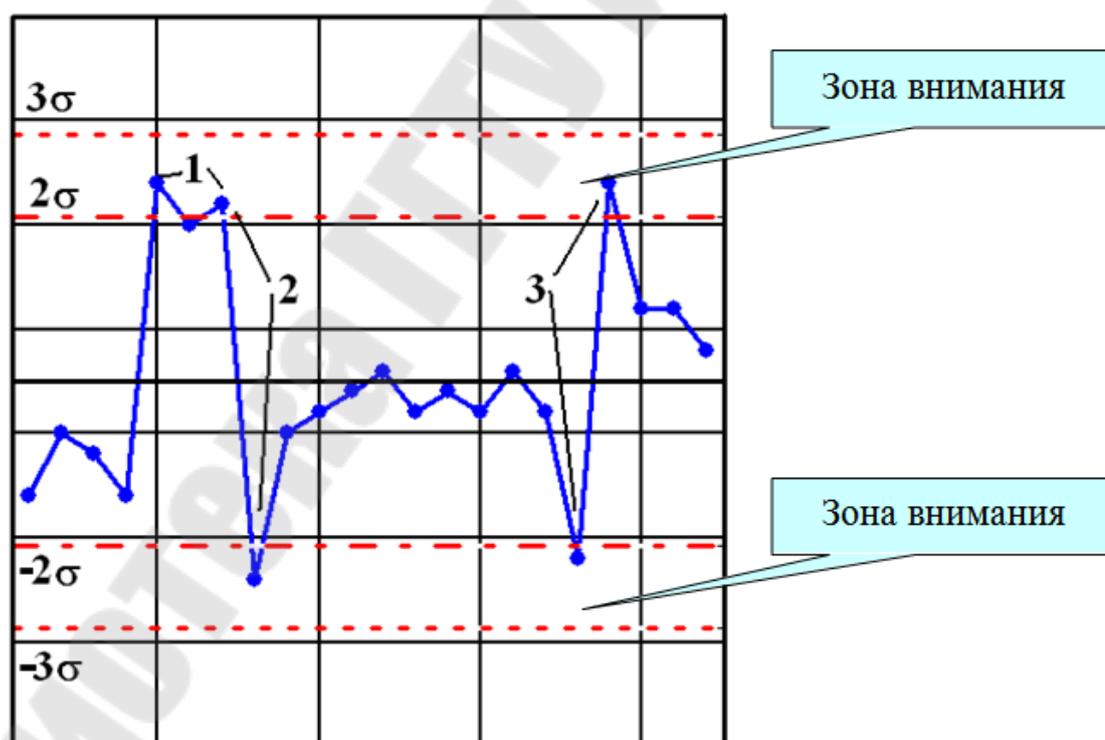
сдвигает центр рассеяния в ту или иную сторону от средней линии, из – меняя настройку процесса.

#### Наблюдается дрейф

Дрейф – это не менее 7 поднимающихся или ниспадающих точек (рисунок 4.15, точки 2, 5). Причинами появления дрейфа могут быть, например, такие факторы, как постепенный рост (падение) температуры окружающей среды, износ технологического оборудования, появление в средствах измерения прогрессирующих погрешностей, изменение физических и химических параметров процесса и другие неслучайные причины.

Две и более близлежащих точки приближаются к границам регулирования (лежат за пределами 2-сигмовых границ)

Точки считаются приблизившимися к границам регулирования, если они находятся за пределами плюс-минус 2 относительно средней линии, т. е. на расстоянии большем, чем  $2/3$  расстояния от средней линии до границы регулирования в так называемой *зоне внимания* (рисунок 4.16).



**Рисунок 4.16. Приближение к границам регулирования**

Если выход точки за границы регулирования незначителен и в дальнейшем больше не повторяется, то вполне возможно, что этот

факт не говорит о дестабилизации процесса. Но если выход за границы какой-либо одной точки составляет заметную величину, то вмешательство в процесс с целью его совершенствования в любом случае необходимо.

#### Наблюдается периодичность

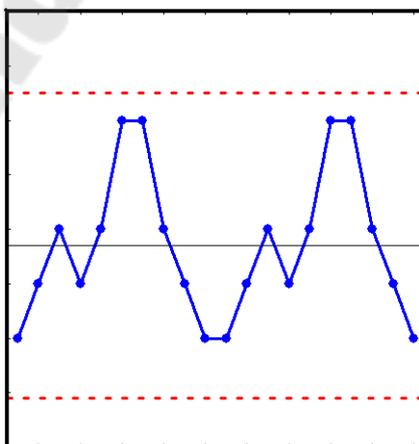
Наличие подъёмов и спадов с примерно одинаковыми интервалами (рисунок 4.17) также говорит о нестабильности процесса, причиной которой может быть воздействие на процесс внешнего периодически изменяющегося фактора.

#### Точки приближаются к средней линии

Точки считаются приблизившимися к средней линии, если они лежат внутри полуторасигмовой зоны, то есть внутри линий, делящих пополам расстояние от средней линии до границ регулирования. В этом случае следует изменить способ разбиения на выборки или группы, поскольку может оказаться, что смешаны данные из разных распределений.

Отмеченные в каждом рассмотренном случае выходы процессов из состояния статистического регулирования несут в себе потенциальную угрозу получения брака в недалеком будущем, ибо однажды возникшие нестабильности в процессе всегда имеют тенденцию со временем нарастать.

Таким образом, контрольные карты и их грамотный анализ позволяют прогнозировать характер протекания производственных процессов в будущем и вовремя их останавливать для корректировки с целью предупреждения возможного появления бракованной продукции.



**Рисунок. 4.17. Периодичность**

## Контрольные карты накопленных сумм

Карты Шухарта нечувствительны к малым возмущениям процессов. При достаточно долговременном контроле информация о начальном этапе процесса теряется. В отличие от рассмотренных, контрольные карты накопленных сумм – это карты с памятью. Они могут быть более чувствительными к возмущениям, т. е. уже в самом начале сдвига уровня настройки процесса или изменения технологического рассеяния они указывают на необходимость вмешательства в процесс.

Таким образом, контрольные карты накопленных сумм следует применять в тех случаях, когда даже незначительные смещения уровня настройки процесса недопустимы и подлежат скорейшему устранению.

Для построения контрольной карты накопленных сумм на стартовой панели (рисунок 4.7) необходимо выбрать вкладку *Variables*, а в ней –

*CuSum chart for individuals* и нажать *OK*. Дальнейшие действия аналогичны рассмотренному алгоритму для построения карт индивидуальных и средних значений.

## Задания для самостоятельной работы

**Задание 1.** В системе Statistica построить диаграмму причин и результатов с помощью модуля *Statistics / Industrial Statistics & Six Sigma / Process Analysis / Cause–Effect [Ishikawa, Fishbone] diagrams*.

**Задание 2.** С помощью модуля *Statistics / Industrial Statistics & Six Sigma / Quality Control Charts / Pareto chart analysis* построить диаграмму Парето. Причины и их число выбрать самостоятельно, можно любые, не относящиеся к какому-либо процессу. Диаграммы построить:

- только для переменной 1 «причина», без учета значимости причины для общего вклада в качество анализируемого процесса. Для этого на вкладке *Quick* выбрать *Codes (requires tabulation of data by codes)* – установлен по умолчанию, а в окне выбора переменных указать одну переменную с перечнем причин;
- для переменных 1 «причина» и 2 «число», с учётом значимости причины для общего вклада в качество анализируемого процесса. Для этого на вкладке *Quick* выбрать *Codes and counts (one variable with defect type, one variable with counts)*.

В чём состоит разница между этими картами Парето?

**Задание 3.** С целью выяснения причин брака составлен контрольный листок в предположении, что причинами могут быть рабочий, станок или смена (см таблицу 4.2). Определить, кто виноват, если это возможно.

Таблица 6.2 *Распределение дефектов по рабочим, станкам и сменам*

**Задание 4.** Прочитать файл с данными variant3.sta. С помощью модуля *Statistics / Industrial Statistics & Six Sigma / Quality Control Charts / Individuals & moving range* построить контрольную X-R карту индивидуальных значений для одной переменной своего варианта (VarN) и провести анализ качества производственного процесса. Проверить машинное построение карты расчётом средней линии.

**Задание 5.** Прочитать файл с данными variant3.sta. С помощью модуля *Statistics / Industrial Statistics & Six Sigma / Quality Control Charts / X bar & R chart for variables* построить контрольную X-R карту производственного процесса для одной переменной своего варианта с группировкой по времени (VarN, Time) и провести анализ качества процесса. Сравнить построение карты с результатами предыдущего задания. Чем отличается построение карты индивидуальных значений от карты процесса?

**Задание 6.** С помощью модуля *Statistics / Industrial Statistics & Six Sigma / Quality Control Charts / X-bar & R Chart for variables* построить контрольную X-R карту процесса для одной переменной своего варианта (VarN) и временных интервалов (Time, Day) и провести анализ качества производственного процесса.

**Задание 7.** Построить контрольную C-карту индивидуальных значений для одной переменной своего варианта (VarN) и провести анализ качества процесса.

**Задание 8.** Исследовались 8 прядильных машин на предмет числа обрывов нити пряжи. За десять обследований продолжительностью по 15 минут было обнаружено следующее число обрывов нити (см. файл indstat1.sta). Определить среднее число обрывов нити и стандартное отклонение для каждой машины и выборки. Построить гистограммы и сделать вывод о качестве работы прядильных машин.

**Задание 9.** Для исследования коррозии серии образцов изделий, изготовленные в различных условиях, были подвергнуты климатическим воздействиям. Результаты измерений 10 серий

приведены в файле indstat2.sta. Определить среднее значение и стандартное отклонение для каждой серии. Построить гистограммы и сделать вывод о качестве изделий.

Таблица 4.2

**Контрольный листок**

Рабочий	Станок	1 смена	2 смена	3 смена	Число дефектов на станках	Сумма дефектов рабочего
А	А 1			•	1	24
	А 2	• •	•		3	
	А 3	•	•••• • ••	••••• •• •••••	20	
Б	Б 1	• •	••••• • ••	••••• •	15	45
	Б 2	•	•	•••	5	
	Б 3	• •	••••• • •••	••••• ••• ••••• ••	25	
В	В 1	•	•	• •	4	52
	В 2	• •	• •	• • • •	8	
	В 3	•••	••••• •• ••••• ••••• •••	••••• • ••••• ••• •••	40	

**Задание 10.** На заводе осуществляется отливка стальных деталей из в объеме 5 плавов за смену по 4 тонны каждая. В плавках содержание кремния контролируется экспресс-анализом. Содержание кремния не должно превышать 1%. Результаты экспресс-анализа представлены в файле indstat3.sta. Определить среднее значение и

стандартное отклонение содержания кремния для смен и партии. Построить гистограммы и сделать вывод о качестве процесса.

**Задание 11.** В лаборатории измерялось разрывное усилие образцов проволоки одной марки на 21 машине. Данные представлены в файле indstat4.sta. Определить среднее значение и стандартное отклонение разрывного усилия для каждой машины и всех машин. Построить гистограммы и сделать вывод о качестве работы машин.

**Задание 12.** На производстве осуществляется контроль диаметра подшипников, получаемых от поставщика для конвейера по сборке двигателей. Для контроля качества случайным образом отбирается 50 изделий, которые группируются по 5 штук в группу. Данные контроля представлены в файле indstat5.sta. Определить среднее значение и стандартное отклонение диаметра подшипника для каждой группы и всех групп. Построить гистограммы и сделать вывод о качестве поставляемой партии подшипников.

**Задание 13.** На производстве осуществляется контроль спиралей ламп для прожекторов. Контролируемым показателем качества является падение напряжения. Данные испытаний представлены в файле indstat6.sta. Определить среднее значение и стандартное отклонение контролируемого параметра для каждой партии и всех испытываемых образцов. Построить гистограммы и сделать вывод о качестве выпускаемых партий ламп.

**Задание 14.** Исходные данные (файл var\_6\_8.sta) представляют собой промеры толщины асфальта и уклона дороги при её асфальтировании. Смысл переменных: var1 – пикет, var2 – уклон дороги, var3 – толщина укатанного асфальта слева от оси, var4 – по оси, var5 – справа по оси. СНИП допускает толщину асфальта  $6 \pm 1$  см и уклон от 10 до 20 единиц. Провести статистические испытания (на ваше усмотрение) и интерпретировать полученные результаты. Оценить качество асфальтирования дороги.

**Задание 15.** Исходные данные (файл bad.xls) представляют собой статистику лабораторных анализов биологически активных добавок в процессе их изготовления. Смысл ячеек таблицы:

столбец А – номер партии;

строка 2 – содержание марганца (С), магния (D), кальция (E) и цинка (F) в продукте «БАД» (G); погрешности их измерения (I–M);

ячейки C1-G1: содержание в продукте «БАД» марганца, магния, кальция и цинка по ТУ;

столбец В – номер часа, в течение которого продукт готовится и по окончании которого отбираются пробы.

Провести статистические испытания (на ваше усмотрение) и интерпретировать полученные результаты. Оценить качество процессов изготовления БАД.

## **Практическая работа №5 «Определение основных показателей качества. Определение основных показателей качества промышленной продукции»**

*Цель работы: Практическое изучение основных показателей качества продукции*

### **Теоретическая часть**

Проблемы управления качеством породили задачи количественной оценки качества, необходимые для объективного выбора и принятия управленческих решений при стандартизации и сертификации продукции, планировании повышения ее качества и т. д. Оценка качества может рассматриваться как основа формирования всего механизма управления качеством продукции на всех стадиях жизненного цикла продукции.

При оценке качества используются следующие термины:

- градация качества – категория, или разряд, присвоенные объектам одинакового функционального назначения, но с различными требованиями к качеству;
- уровень качества (относительная характеристика, являющаяся результатом сравнения совокупности значений показателей качества продукции с соответствующей совокупностью базовых значений этих показателей) – при количественной статистической оценке;
- мера качества – при выполнении точных технических оценок;
- относительное качество – при сравнении объектов.

Требования качества – выражение определенных потребностей или их перевод в набор количественно или качественно установленных требований к характеристикам объекта, чтобы дать возможность их реализации и проверки.

Показатели качества – количественно или качественно установленные конкретные требования к характеристикам (свойствам) объекта, дающие возможность их реализации и проверки. Основные разновидности показателей качества приведены в таблице 5.1.

В таблице 5.2 приведены все группы показателей, которые можно использовать для установления и оценки уровня качества всех видов продукции народного хозяйства, и показана их применимость различных групп продукции.

Таблица 5.1

### Основные типы показателей качества

№	Признак классификации	Типы показателей
1	Отношение к свойствам продукции	1.1. Назначения 1.2. Надежности 1.3. Технологичности 1.4. Эргономические 1.5. Эстетические 1.6. Стандартизации 1.7. Патентно-правовые 1.8. Экономические
2	Количество отражаемых свойств	2.1. Единичные 2.2. Комплексные 2.3. Интегральные
3	Метод определения	3.1. Инструментальные 3.2. Расчетные 3.3. Статистические 3.4. Органолептические 3.5. Экспертные 3.6. Социологические 3.7. Комбинированные
4	Стадия определения	4.1. Проектные 4.2. Производственные 4.3. Эксплуатационные 4.4. Прогнозируемые
5	Размерность отражаемых величин	5.1. Абсолютные 5.2. Приведенные 5.3. Безразмерные
6	Значимость при оценке качества	6.1. Основные 6.2. Дополнительные

Группа показателей *назначения* включает следующие подгруппы:

1) Классификационные показатели. Характеризуют принадлежность продукции к определенной классификационной группировке в выбранной системе классификации.

Примеры:

для экскаваторов – емкость ковша и длина стрелы;

для автобусов – число мест и мощность двигателя;

для электродвигателей – мощность и число оборотов в минуту;

для грузовых автомобилей – грузоподъемность, скорость, проходимость;

для металлорежущих станков – точность, скорость вращения шпинделя, высота центров, расстояние между центрами;

для измерительных приборов – точность, пределы измерения;

для конденсаторов – емкость и рабочее напряжение.

Таблица 5.2

**Группа показателей качества продукции**

п/п	Показатель качества продукции	Группы продукции				
		сырье и природное топливо	материалы и продукты	расходные изделия	неремонтируемые изделия	ремонтруемые изделия
1	Назначения	+	+	+	+	+
2	Безотказности	-	-	-	+	+
3	Долговечности	-	-	-	+	+
4	Ремонтопригодности	-	-	-	-	+
5	Сохраняемости	+	+	+	+	+
6	Эргономические	-	-	+	+	+
7	Эстетические	(+)	(+)	+	+	+
8	Технологичности	+	+	+	+	+
9	Транспортабельности	(+)	(+)	+	+	+
10	Стандартизации и унификации	-	-	(+)	+	+
11	Патентно-правовые	-	+	+	+	+
12	Безопасности	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
13	Однородности	+	+	+	+	+
14	Влияния на окружающую среду	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
15	Устойчивости к внешним воздействиям	(+)	(+)	+	+	+
16	Экономические	+	+	+	+	+
17	Показатели экономного использования ресурсов	+	+	+	+	+

Примечание: Знак + означает применимость, знак – неприменимость, знак (+) – ограниченную применимость соответствующих групп показателей качества продукции.

2) Показатели состава и структуры. Характеризуют продукцию по химическому составу, составу входящих в нее комплектующих изделий и структуре.

Примеры:

для нефти – процентное содержание углеводов жирного или ароматического ряда;

для сплавов – процентное содержание компонентов;

для тканей – процентное содержание различных видов пряжи и структура переплетения;

для пищевых продуктов – процентное содержание сахара, соли, жира и др.;

для изделий машиностроения – коэффициент агрегатирования;

для радиотехнических изделий – коэффициент блочности.

3) Показатели технического совершенства. Характеризуют свойства продукции, определяющие, насколько удачным с точки зрения потребителя является принятое при ее создании техническое решение.

Примеры:

- для пищевых продуктов – калорийность;
- для водонепроницаемой ткани – водонепроницаемость;
- для измерительных приборов – быстрота срабатывания, время затухания переходного процесса;
- для изделий энергетического машиностроения – КПД;

В группу показателей *безотказности* входят следующие показатели:

1) Показатель вероятности безотказной работы. Характеризует вероятность того, что в пределах заданного времени или наработки отказ изделия не возникает. Рассчитывается по формуле:

$$P(t) = 1 - n(t) / N \quad (5.1)$$

где  $n(t)$  – число изделий, отказавших к моменту  $t$ ,  $N$  – число изделий, работоспособных в начальный момент времени  $t_0$ .

2) Показатель интенсивности отказов. Характеризует условную плотность вероятности возникновения отказа изделия, определяемую для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого времени отказ не возник. Для расчета используется формула

$$\lambda(t) = n(\Delta t) / N(t)\Delta t \quad (5.2)$$

где  $n(\Delta t)$  – число отказов на интервале наработки ( $\Delta t$ ),  $N$  – число изделий, работоспособных к моменту  $t$ .

3) Показатель наработки на отказ. Характеризует отношение наработки восстанавливаемого изделия к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки. Определяется по формуле:

$$T_0 = \sum_{i=1}^N t_i / r, \quad (5.3)$$

где  $\sum_{i=1}^N t_i$  – суммарная наработка изделий,  $r$  – суммарное число отказов.

4) Параметр потока отказов. Представляет собой максимально допустимую величину интенсивности отказов.

Показатели долговечности количественно определяют ресурс или срок службы. Таких показателей восемь:

- средний ресурс;
- гамма-процентный ресурс. Рассчитывается по формуле

$$T_{p\gamma} = \int_{T_{p\gamma}}^{\infty} f_p(t) dt = \gamma / 100 \quad (5.4)$$

где  $f_p(t)$  – плотность распределения ресурса,  $\gamma$  – регламентированная вероятность, %.

- медианный ресурс. Определяется по формуле

$$T_{pm} = \int_0^{T_{pm}} f_p(t) dt = 0,5 \quad (5.5)$$

- ресурс среднего (капитального) ремонта;
- средний срок службы;
- гамма-процентный срок службы. Используется формула

$$T_{сл.\gamma} = \int_{T_{сл.\gamma}}^{\infty} f_{сл.}(t) dt = \gamma / 100 \quad (5.6)$$

где  $f_{сл.}(t)$  – плотность распределения срока службы.

- медианный срок службы. Рассчитывается по формуле

$$T_{сл.м.} = \int_0^{T_{сл.м.}} f_{сл.}(t) dt = 0,5 \quad (5.7)$$

- срок службы до среднего (капитального) ремонта.

В группу показателей *ремонтпригодности* входят следующие два показателя.

1) среднее время восстановления. Данный показатель характеризует математическое ожидание времени восстановления работоспособности. Определяется по формуле

$$T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^m \tau_i / m \quad (5.8)$$

где  $\tau_i$  – статистические данные о длительности восстановления  $m$  объектов, включая время поиска причин отказа.

2) коэффициент готовности. Характеризует вероятность того, что изделие будет работоспособно в произвольно выбранный момент времени в промежутках между мероприятиями по плановому техническому обслуживанию. Для расчета используется формула

$$K_{\text{г}} = T_{\text{о}} / (T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) \quad (5.9)$$

где  $T_{\text{о}}$  – наработка на отказ;

$T_{\text{в}}$  – среднее время восстановления.

В группу показателей *сохраняемости* входят два основных показателя:

1) средний срок сохраняемости. Характеризует математическое ожидание срока сохраняемости

2) гамма-процентный срок сохраняемости. Характеризует срок сохраняемости, который будет достигнут с заданной вероятностью. Определяется по формуле

$$T_{\text{ср}} = \int_{T_{\text{ср}}}^{\infty} f_c(t) dt = \gamma / 100 \quad (5.10)$$

где  $f_c(t)$  – плотность распределения срока сохраняемости.

Дополнительно, для специальных целей, используются показатели восстанавливаемости продукции:

- скорость (или время) восстановления;
- трудоемкость восстановления;
- процент восстановления первоначальных свойств.

Группа *эргономических* показателей состоит из пяти подгрупп.

1) Гигиенические показатели. Характеризуют соответствие изделия и рабочей среды требованиям санитарии и гигиены.

Примеры: уровень освещенности; температура; давление; влажность; запыленность; токсичность; уровень шума; вибрация; ускорение.

2) Антропометрические показатели. Характеризуют соответствие изделия и его элементов форме и размерам человеческого тела и его частей.

Пример: антропометрические показатели пульта управления учитывают соответствие рукояток, переключателей ручек корпуса размерам кисти руки человека.

3) Физиологические показатели. Характеризуют соответствие изделия силовым, двигательным и другим возможностям человека.

Примеры: рабочее усилие на рычагах и педалях; масса переносных элементов изделия.

4) Психофизиологические показатели. Характеризуют соответствие изделия особенностям органов чувств человека.

Примеры: размер, яркость, контрастность, пространственное расположение объекта наблюдения и их влияние на объем и скорость рабочих движений, объем зрительной и слуховой информации и др.

5) Психологические показатели. Характеризуют соответствие изделия особенностям и возможностям высшей нервной деятельности человека.

Примеры: количество указателей и сигнализаторов, рациональность их, расположения, влияние этого на оперативность работы человека, возможные ошибки.

Большинство эргономических показателей (за исключением гигиенических) определяется эргористами-экспертами по разработанной в данной отрасли шкале оценок в баллах.

При оценке *эстетических* свойств изделия определяется, в какой степени данное изделие удовлетворяет эстетическим показателям:

- стилевого соответствия;
- соответствия моде;
- функционально-конструктивной приспособленности;
- организованности объемно-пространственной структуры;
- цветового колорита;
- тщательности покрытия и отделки поверхности;
- чистоты выполнения сочленений;
- скругления сопрягающихся поверхностей;
- четкости исполнения фирменных знаков, указателей, упаковки.

Оценка проводится экспертным методом и выражается в баллах.

В группу показателей *технологичности* входят 10 показателей.

1) Трудоемкость изготовления и (или) эксплуатации продукции. Выражен количеством времени, затраченного на изготовление ( $T_{и}$ ) и (или) эксплуатацию ( $T_{э}$ ) единицы продукции.

2) Технологическая себестоимость продукции ( $C_T$ ).

3) Удельная трудоемкость изготовления и (или) эксплуатации продукции. Рассчитывается по формуле

$$q_t = T / V \quad (5.11)$$

где  $T$  – трудоемкость,  $V$  – основной параметр продукции.

4) Относительная трудоемкость вида процесса изготовления и (или) эксплуатации. Определяется по формуле

$$T_{о..в..р.} = T_{в..р.} / T \quad (5.12)$$

где  $T_{в..р.}$  – трудоемкость вида работ.

5) Удельная технологическая себестоимость продукции. Для расчета используется формула

$$q_c = C_T / V \quad (5.13)$$

6) Относительная себестоимость вида процесса изготовления и (или) эксплуатации. Рассчитывается по формуле

$$C_{о..в..р.} = C_{в..р.} / C_T \quad (5.14)$$

где  $C_{в..р.}$  – себестоимость вида работ.

7) Удельная материалоемкость. Ее находят с помощью формулы

$$q_m = M / V \quad (5.15)$$

где  $M$  – масса готовой продукции.

8) Коэффициент использования материала. Определяется по формуле

$$K_{им} = M_i / M \quad (5.16)$$

где  $M_i$  – суммарная масса  $i$ -го материала в изделии.

9) Коэффициент сборности (блочности) изделия. Для расчета используется формула

$$K_{сб} = Q_{сб} / Q_{сб.о.} = 1 - Q^H_{сб} / Q_{сб.о.} \quad (5.17)$$

где  $Q_{сб}$  – количество специфицируемых частей изделия;  
 $Q^H_{сб}$  – количество неспецифицируемых частей изделия;  
 $Q_{сб.о.}$  – общее количество частей изделия.

10) Коэффициент сборности по массе рассчитывается по формуле

$$K^M_{сб} = Q^M_{сб} / Q^M_{сб.о.} = 1 - Q^{MH}_{сб} / Q^M_{сб.о.} \quad (5.18)$$

11) Коэффициент сборности по стоимости находят с помощью формулы

$$K^C_{сб} = Q^C_{сб} / Q^C_{сб.о.} = 1 - Q^{CH}_{сб} / Q^C_{сб.о.} \quad (5.19)$$

где  $Q^M_{сб}$ ,  $Q^C_{сб}$  – масса и стоимость специфицируемых частей изделия;  
 $Q^M_{сб.о.}$ ,  $Q^C_{сб.о.}$  – общая масса и стоимость изделия;  
 $Q^{MH}_{сб}$ ,  $Q^{CH}_{сб}$  – масса и стоимость неспецифицируемых частей изделия.

12) Уровень технологичности конструкции

– по трудоемкости рассчитывается по формуле

$$K_{ут} = T_{и} / T_{иб} \quad (5.20)$$

– по себестоимости изготовления

$$K_{ут} = C_{и} / C_{иб} \quad (5.21)$$

где  $T_{иб}$  – базовая трудоемкость изготовления изделия;  
 $C_{иб}$  – базовая себестоимость изготовления изделия.

Показатели *транспортабельности* определяются применительно к конкретному виду транспорта, иногда к конкретному виду транспортных средств, в некоторых случаях определяются при

смешанных перевозках. В группу показателей транспортабельности входят следующие:

- средняя трудоемкость подготовки единицы продукции к транспортированию;
- средняя стоимость перевозки продукции на 1 км определенным транспортом средством;
- средняя продолжительность разгрузки партии продукции конкретного объема и с транспортного средства определенного типа;
- максимально возможное использование емкости транспортного средства, выраженное в единицах продукции;
- доля продукции, сохраняющей в заданных пределах свои первоначальные свойства за время транспортирования и др.

Группа показателей *стандартизации и унификации* включает четыре показателя.

- коэффициент применяемости по типоразмерам. Определяется по формуле

$$K_{\text{пр}} = (n - n_0) / n \quad (5.22)$$

- где  $n$  – общее количество типоразмеров составных частей изделия,  $n_0$  – количество типоразмеров оригинальных составных частей изделия.
- коэффициент применяемости по стоимости находится по формуле

$$K_{\text{пр}}^c = (c - c_0) / c \quad (5.23)$$

где  $c$  – стоимость всех типоразмеров составных частей изделия,  $c_0$  – стоимость оригинальных типоразмеров составных частей изделия.

- коэффициент повторяемости. Для расчета используется формула

$$K_n = N / n \quad (5.24)$$

где  $N$  – общее количество составных частей изделия.

- коэффициент повторяемости в процентах определяется по формуле

$$K_n = ((N - n) / N) * 100 \quad (5.25)$$

Коэффициент *межпроектной (межвидовой) унификации* определяется как отношение количества сокращенных за счет взаимной унификации типоразмеров составных частей данной группы изделий к максимально возможному сокращению количества типоразмеров составных частей группы совместно изготавливаемых или эксплуатируемых однородных изделий. Используется формула

$$K_{м.у.} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i - Q}{\sum_{i=1}^m n_i - n_{\max}} \cdot 100 \quad (5.26)$$

где  $m$  – общее количество рассматриваемых изделий в группе,  $n_i$  – количество типоразмеров составных частей в  $i$ -м изделии,  $Q$  – количество неповторяющихся типоразмеров составных частей, из которых состоит группа  $m$  изделий,  $n_{\max}$  – максимальное количество типоразмеров составных частей одного из изделий, составляющих группу.

Коэффициент *унификации группы изделий*. Представляет собой усредненный (средневзвешенный) показатель унификации от стоимости изделий, входящих в группу. Рассчитывается по формуле

$$K_2 = \frac{\sum_{i=1}^m K_{npi} \cdot n_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^m n_i \cdot C_i} \quad (5.27)$$

где  $m$  – количество изделий в группе,  $i$  – порядковый номер изделия в группе;

$K_{npi}$  – коэффициент применяемости  $i$ -го изделия,  $n_i$  – годовая программа выпуска  $i$ -го изделия;

$C_i$  – оптовая цена  $i$ -го изделия.

Патентно-правовые показатели включают:

- 1) показатель патентной защиты. Выражает степень защиты изделия авторскими свидетельствами в Республике Беларусь и патентами в странах предполагаемого экспорта или продажи лицензий на отечественные. Определяются по формуле

$$P_{n.з} = \sum_{j=1}^n m_j + \sum_{i=1}^s \frac{m_i N_i}{N_{io}} \quad (5.28)$$

где  $m_j$  – индивидуальные коэффициенты весомости особо важных составных частей,  $n$  – количество особо важных составных частей в изделии, подлежащих патентной защите,  $m_i$  – количество составных частей основной и вспомогательной групп, защищенных авторскими свидетельствами в Республике Беларусь или патентами на отечественные изобретения в странах предполагаемого экспорта,  $N_{io}$  – общее количество учитываемых составных частей изделия в основной или вспомогательной группе,  $S$  – число групп значимости.

- 2) показатель патентной чистоты. Характеризует степень воплощения в изделии, предназначенном для реализации только внутри страны технических решений, не подпадающих под действие выданных в Республике Беларусь патентов исключительного права, а в изделии, предназначенном и для реализации за рубежом, – технических решений, не подпадающих под действие патентов, выданных в странах предполагаемого экспорта. Рассчитывается по формуле

$$P_{n.ч.} = \sum_{j=1}^m m_j + \sum_{i=1}^s \frac{m_i (N_{oi} - N_{ин.п.ч.})}{N_{io}} \quad (5.29)$$

где  $m_j$  – индивидуальные коэффициенты весомости особо важных составных частей,  $n$  – количество особо важных составных частей в изделии, подлежащих патентной защите,  $m_i$  – коэффициенты весомости для основной или вспомогательной групп,  $N_{io}$  – общее количество учитываемых составных частей изделия в основной или вспомогательной группе,  $N_{i \text{ н.п.ч.}}$  – количество составных частей изделия в группе, не подпадающих

под действие патентов, выданных в данной стране, S – число групп значимости.

Показатели *безопасности* характеризуют особенности продукции, обуславливающие при ее эксплуатации или потреблении безопасность человека (обслуживающего персонала). Используются следующие показатели:

Вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени; сопротивление изоляции токоведущих частей, с которыми возможно соприкосновение человека; электрическая прочность высоковольтных цепей и др.

При отсутствии статистических данных могут применяться качественные характеристики, например

- \* наличие блокирующих устройств;
- \* наличие ремней безопасности;
- \* наличие аварийной сигнализации и др.

Показатели *однородности* представляют собой количественную характеристику рассеивания параметров или показателей качества продукции данного вида. Они характеризуют стабильность основных параметров продукции в случае ее массового или серийного производства.

- Используются следующие показатели однородности:  
среднее квадратическое отклонение, определяемое по формуле

$$\delta = \sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^n |x_i - x_0|^2 \right\} / (n-1)} \quad (5.30)$$

где n – число измеренных значений случайной величины,  $x_i$  – значение случайной величины, которой присвоен номер i,  $x_0$  – среднее значение случайной величины, оцениваемое по формуле

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.31)$$

- дисперсия

$$D = \delta^2 \quad (5.32)$$

- коэффициент вариации

$$v = \delta / x_0 \quad (5.33)$$

Показатели *влияния продукции на окружающую среду* включают:

- содержание CO<sub>2</sub> в выхлопных газах автомобиля;
- содержание сажи в дыме электростанции и т. д.

Показатели *устойчивости продукции к внешним воздействиям* включают:

- \* температурный диапазон работы прибора;
- \* допустимые ударные перегрузки и др.

В управлении качеством используются *экономические* показатели: себестоимость единицы оцениваемой продукции; цена единицы оцениваемой продукции; приведенные затраты на единицу оцениваемой продукции; себестоимость единицы продукции, выпускаемой с помощью оцениваемого изделия; приведенные затраты на единицу продукции, выпускаемой с помощью оцениваемого изделия; величина затрат определенного вида на единицу продукции, выпускаемой с помощью оцениваемого изделия; относительный экономический показатель продукции, который определяется соотношением затрат на эксплуатацию или потребление базового образца и затрат на эксплуатацию или потребление оцениваемой продукции.

Можно выделить также четыре показателя, характеризующие степень использования в конструкции изделия и при его эксплуатации сырья, материалов, топлива, энергии и трудовых ресурсов. Это удельный расход сырья, материалов, топлива, энергии; потери сырья при регламентированных условиях; коэффициент полезного действия; суммарная или удельная трудоемкость эксплуатации изделия.

### **Измерение и оценка показателей качества**

Теоретические и прикладные проблемы оценки качества объектов (изделий, услуг, процессов, систем) изучаются наукой, называемой *квалиметрией*. *Квалиметрия* ставит перед собой три основные практические задачи:

- разработку методов определения численных значений показателей качества продукции, сбора и обработки данных для установления требований к точности показателей;
- разработку единых методов измерения и оценки показателей качества;

- разработку единичных, комплексных и интегральных показателей качества продукции.

К методам квалиметрии относятся:

- 1) инструментальный, основанный на использовании средств измерений;

- 2) расчетный, заключающийся в вычислениях по значениям параметров продукции, найденным другими методами;

- 3) статистический, использующий правила прикладной математической статистики и основанный на подсчете числа событий или объектов;

- 4) органолептический, основанный на анализе восприятия продукции органами чувств без применения технических измерительных средств;

- 5) экспертный, учитывающий мнение группы специалистов-экспертов;

- 6) социологический, основанный на сборе и анализе мнений потребителей данной продукции;

- 7) комбинированный, включающий несколько методов определения показателей качества.

Квалиметрия широко использует в экспертных методах сравнения, основанные на шкалировании. При сравнении применяют одну из трех шкал:

- шкалу уровней (с принятой величиной уровня  $Q$ , сравниваются все остальные величины  $Q_i$ :  $(Q_i - Q) = \Delta Q$ );

- шкалу порядка (результатом оценки качества является ранжированный ряд сравниваемых величин  $(Q_1 < Q_2 < \dots < Q_n)$ );

- шкалу отношений (сравнение величины с эталоном по принципу  $Q_i/Q_{\text{эталон}} = q$ ).

С точки зрения количества отражаемых свойств показатели качества могут быть *единичными* (относящимися к одному свойству) или *комплексными* (относящимися к нескольким свойствам одновременно). Комплексные показатели могут быть связаны с единичными некоторой функциональной зависимостью, однако это не всегда возможно. Поэтому в квалиметрии применяют субъективный способ построения комплексных показателей качества по принципу среднего взвешенного (таблица 5.3).

## Методы оценки уровня качества однородной продукции

Для оценки уровня качества однородной продукции применяют дифференциальный, комплексный и смешанный методы.

Дифференциальным называется метод оценки уровня качества продукции, основанный на сопоставлении совокупности значений единичных показателей качества продукции с соответствующей совокупностью значений базовых показателей. При дифференциальном методе рассчитывают относительные значения показателей качества продукции по формуле:

$$q_i = P_i / P_{iб} \quad (5.34)$$

$$\text{или } q_i = P_{iб} / P_i \quad i = 1 \dots; \quad n \quad (5.35)$$

где  $P_i$  – значение  $i$ -го показателя качества оцениваемой продукции,  $P_{iб}$  – базовое значение  $i$ -го показателя,  $n$  – количество оцениваемых показателей.

Таблица 5.3

### Комплексные показатели качества

№	Название комплексного показателя	Формула для расчета
1.	Среднее арифметическое	$Q = \frac{\sum_{i=1}^n q_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}$
2.	Среднее взвешенное геометрическое	$Q = \left( \prod_{i=1}^n Q_i^{q_i} \right) \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n q_i}$
3.	Среднее взвешенное квадратическое	$Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n q_i \cdot Q_i^2}{\sum_{i=1}^n q_i}}$
4.	Среднее взвешенное гармоническое	$Q = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_i}}$
Обозначения: $Q_i$ – единичные показатели качества, $q_i$ – весовые коэффициенты показателей качества, $n$ – число единичных показателей качества		

Из двух зависимостей выбирают ту, при использовании которой увеличение относительного показателя соответствует повышению технического уровня продукции. Например, относительные значения показателей, характеризующих производительность изделий, энерговооруженность и т. п., вычисляют по формуле (5.34), показатели, характеризующие материалоемкость продукции, содержание вредных примесей и т. п. – по формуле (5.35).

При сопоставлении совокупностей значений единичных показателей качества оцениваемой продукции с базовыми,

- \* если все относительные значения показателей больше или равны 1, то технический уровень оцениваемой продукции выше или равен базовому уровню;

- \* если все относительные значения показателей меньше 1, т. е. технический уровень оцениваемой продукции ниже базового;

- \* если часть относительных значений показателей больше или равна 1, а часть меньше 1, то необходимо применить комплексный метод оценки уровня качества продукции.

Значения показателей качества продукции при дифференциальном методе оценки не должны выходить за допустимые пределы. Нижний предел, как правило, диктуется технико-экономическими требованиями, верхний – экономической целесообразностью.

Комплексный метод представляет собой объединение выбранных единичных показателей в один комплексный показатель.

Для того чтобы правильно определить технический уровень продукции, необходимо в достаточной степени обосновать комплексные показатели качества. При этом продукция более высокого качества должно соответствовать большее (или меньшее) значение комплексного показателя, а наибольшее (или наименьшее) значение последнего должно соответствовать наилучшей продукции. Комплексные показатели качества, удовлетворяющие этому условию, называются состоятельными.

Комплексный показатель качества может быть выражен двумя способами:

- 1) функциональной зависимостью главного или интегрального показателя от исходных показателей качества продукции;

- 2) средневзвешенными показателями качества продукции. При первом способе функциональную зависимость комплексного показателя от исходных единичных показателей находят

определением математической модели процесса использования продукции по назначению.

В тех случаях, когда построение функциональной зависимости комплексного показателя от исходных затруднено, необходимо использовать средневзвешенные показатели. Значения средневзвешенных относительных показателей находят усреднением совокупности относительных показателей  $q_i$  с коэффициентами весомости  $\delta_i$ :

Для средневзвешенного арифметического

$$U = \sum_{i=1}^n \delta_{ui} \cdot q_i \text{ при } \sum_{i=1}^n \delta_{ui} = 1 \text{ и } \delta_{ui} > 0 \quad (5.36)$$

Для средневзвешенного геометрического

$$V = \prod_{i=1}^n (q_i)^{\delta_{vi}} \text{ при } \sum_{i=1}^n \delta_{vi} = 1 \text{ и } \delta_{vi} > 0 \quad (5.37)$$

Средневзвешенные абсолютные показатели качества вычисляются по формулам

$$U = \sum_{i=1}^n \delta_{ui} \cdot P_i \quad (5.38)$$

$$V = \prod_{i=1}^n (P_i)^{\delta_{vi}} \quad (5.39)$$

где  $P_i$  – значение оцениваемого показателя качества продукции.

При усреднении показателей с различной размерностью коэффициенты весомости должны иметь размерность, обратную размерности соответствующих показателей.

Оценка по Формулам (5.36) и (5.37) и по формулам (5.38) и (5.39) не меняет порядок ранжирования объектов, а связана лишь с удобством вычислений в каждом конкретном случае.

Применению средневзвешенных показателей должно предшествовать обоснование их состоятельности. При невозможности или затруднительности обоснования следует применять средневзвешенные геометрические.

Для комплексной оценки уровня качества продукции при сроке ее службы до одного года можно применять интегральный показатель следующего вида:

$$J = Q / (K_o + S_T) \quad (5.40)$$

где  $Q$  – суммарный полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции за весь срок службы, выраженный в натуральных или денежных единицах;

$K_o$  – суммарные капитальные затраты на создание продукции (руб.);

$S_T$  – суммарные эксплуатационные затраты за весь срок службы.

При сроке службы продукции одного года и тогда, когда ежегодный эффект от ее эксплуатации и ежегодные эксплуатационные затраты одинаковы, а срок службы составляет целое число

$$J = Q / K_o \varphi(t) + S(T), \quad (5.41)$$

где  $t$  – срок службы продукции;

$$\varphi(t) = \frac{(1 + E_n)^t}{\sum_{i=1}^t (1 + E_n)^i}; \quad i = 1 \dots t \quad (5.42)$$

где  $E_n$  – нормальный коэффициент экономической эффективности.

Для случая когда эффект и эксплуатационные затраты изменяются со временем, интегральный показатель рассчитывается по формуле

$$J = \frac{\sum_{i=1}^t Q_i (1 + E_n)^i}{K_o (1 + E_n)^t + \sum_{i=1}^t S(T_c) (1 + E_n)^i} \quad (5.43)$$

Для некоторых видов продукции (например, холодильников, радиоприемников, мебели и др.) определение величины полезного эффекта затруднено. Поэтому величина интегрального показателя

базового образца условно принимается равной 1. Тогда в соответствии с уравнением (5.41) имеет место

$$Q_0 = K_0 K_{00} \varphi(t) + S_{T0} \quad (5.44)$$

Для нового образца, отличающегося от базового по числу свойств  $h$ , оцениваемых только экспертным методом, и числу свойств  $m$ , характеризующихся измеримыми показателями, если отличие от базовых показателей небольшое, годовой эффект от эксплуатации можно рассчитать по формуле

$$Q = Q_0 + \sum_{i=1}^h \Delta Q_i + \sum_{j=1}^m \Delta Q_j \quad (5.45)$$

где  $\Delta Q_i$ ,  $\Delta Q_j$  - поправки к эффекту, вызываемые отличиями отдельных свойств нового образца.

Значения  $\Delta Q_i$ ,  $\Delta Q_j$  находят по формулам

$$\Delta Q_i = \gamma_i Q_0 \quad (5.46)$$

$$\Delta Q_j = \delta_j Q_0 (\Delta P_j / \Delta P_{j0}) \quad (5.47)$$

$$\Delta P_j = P_j - P_{j0} \quad (5.48)$$

где коэффициенты  $\gamma_i$ ,  $\delta_j$  находят экспериментальным путем.

С учетом уравнений (5.46)-(5.48) формула (5.45) принимает вид

$$Q = Q_0 \left( 1 + \sum_{i=1}^h \gamma_i + \sum_{j=1}^m \delta_j \frac{\Delta P_j}{\Delta P_{j0}} \right) \quad (5.49)$$

где  $Q_0$  находят по формуле (5.44).

Уровень качества продукции в рассматриваемом случае определяется следующим образом:

- 1) если  $J > 1$ , то новый образец лучше базового;
- 2) если  $J < 1$ , то новый образец хуже базового.

Смешанный метод основан на применении единичных и комплексных показателей. Последовательность действий при применении этого метода следующая. Часть единичных показателей объединяются в группы и для каждой группы определяют соответствующий комплексный (групповой) показатель. Допускается отдельные, как правило, важные показатели не объединять в группы,

а использовать в дальнейшем как единичные. На основе получаемой совокупности комплексных и единичных показателей оценивают продукцию дифференциальным методом.

### Оценка уровня качества разнородной продукции

Для оценки уровня качества разнородной продукции используется два метода: определение индексов качества продукции и определение индексов дефектности продукции.

При применении метода определения индексов качества продукции основным является средневзвешенный геометрический индекс качества продукции

$$V_q = \prod_{k=1}^M (Q_k)^{\alpha_k} \quad (5.50)$$

Здесь  $M$  – количество видов продукции, производимых предприятием;  $Q_k$  – значение относительного показателя качества продукции,  $\alpha_k$  – относительный объем  $k$ -го вида продукции (коэффициент весомости).

$$Q_k = \frac{W_k}{W_{k0}}; \quad k = 1 \dots; M \quad (5.51)$$

$$\alpha_k = C_k / \sum_{k=1}^M C_k \quad (5.52)$$

В формуле  $W_k$  – значение единичного или комплексного показателя качества продукции  $k$ -го вида;  $W_{k0}$  – базовое значение показателя. В формуле (52)  $C_k$  – объем производства  $k$ -го вида продукции в денежном выражении;

$$\sum_{k=1}^M \alpha_k = 1, \quad \alpha_k > 0 \quad (5.53)$$

Для упрощения расчетов, когда усредняемые исходные показатели сравнительно мало отличаются друг от друга, можно применять средневзвешенный арифметический индекс

$$U_q = \sum_{k=1}^M \alpha_k Q_k \quad (5.54)$$

Индексы дефектности характеризуют деятельность цехов, участков, бригад по обеспечению качества, измеряют долю дефектной продукции в общем ее потоке. Для их расчета используется формула

$$I_d = \frac{\sum_{j=1}^s C_j \frac{D_j}{D_{j0}}}{\sum_{j=1}^s C_j} \quad (5.55)$$

Здесь  $S$  – количество видов продукции;  $C_j$  – сумма, на которую выпущено продукции  $j$ -го вида в рассматриваемом периоде;  $D_{j0}$  – базовый коэффициент дефектности продукции  $j$ -го вида, принятый по результатам работы предприятия в прошлом;  $D_j$  – коэффициент дефектности, определяемый по формуле

$$D_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^d m_i \cdot r_i \quad (5.56)$$

где  $n$  – количество проверяемых единиц продукции (объем выборки);

$d$  – число всех видов дефектов в данной продукции;

$m$  – количество дефектов  $i$ -го вида;

$m_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го вида.

Для определения индекса дефектности продукции на предприятии заранее составляется ведомость дефектов, в которую вносятся все возможные дефекты по каждому виду продукции и соответствующие им коэффициенты весомости. Если  $I_d < 1$ , состояние производства не хуже, чем в базовом периоде, если  $I_d > 1$  – хуже.

## Показатели качества услуги и их оценка

### 1. Квалификация персонала.

Услуга, как правило, предоставляется потребителю обслуживающим персоналом, поэтому квалификация персонала

является основным показателем качества услуги и определяется следующими характеристиками: компетенция (наличие профессиональных знаний, умений и навыков, необходимых для оказания конферной услуги); коммуникабельность (способность к общению с клиентом); взаимопонимание (способность разговаривать в манере клиента); вежливость (поведение контактирующего персонала).

2. Надежность (состоятельность исполнения, в том числе пунктуальность и точность обслуживания, информации и фактических процедур).

3. Доступность:

- время обслуживания (часы работы фирмы, предоставляющей услугу);
- скорость обслуживания (продолжительность оказания услуги);
- местоположение фирмы, предоставляющей услугу.

4. Характеристика материального обеспечения, т. е. параметры физической среды, в которой происходит обслуживание:

- помещение;
- техническое оснащение (мебель);
- форменная одежда (внешний вид) персонала.

Под качеством услуги понимается соответствие между ожиданиями потребителей и их восприятием предоставляемой услуги.

Для определения качества услуги используется оценка потребительского восприятия. Потребитель воспринимает услугу как качественную, если она удовлетворяет или превосходит его ожидания. Ожидания клиента формируются на основе уже имеющегося опыта или получаемой из различных источников информации.

Потребительские восприятия, а следовательно, качество услуги характеризуется следующими соответствиями:

- между потребительскими ожиданиями и их восприятием руководством компании: руководство должно правильно представлять, что хотят клиенты и по какому параметру оценивают качество услуги;
- между восприятием руководством потребительских ожиданий и их преобразованием в показатели качества услуги: руководство должно правильно формулировать показатели

качества с учетом мнений потребителей в конкретные рабочие стандарты по предоставлению услуги;

- между параметрами качества услуги и качеством предоставляемой услуги: качество услуги в глазах клиента определяют определенные параметры;
- между предоставляемыми услугами и внешней информацией об услугах: потребительские ожидания формируются благодаря информации, распространяемой для широкой аудитории (рекламы). Качество услуги в данном случае зависит от достоверности предоставляемой клиенту информации.

Для определения качества услуги может быть использована концепция «нейтральных зон» Ч. Бернарда.

Суть концепции применительно к области предоставления услуг заключается в следующем: в личностных восприятиях человека существует так называемая нейтральная зона, в которой любые действия не вызывают ответных реакций.

Так, если обслуживание оказывается на среднем приемлемом уровне, ответные реакции потребителя остаются нейтральными. Чувство удовлетворенности (положительная реакция) возникает, когда качество и уровень обслуживания в сознании потребителя оказываются за пределами нейтральной зоны. Чем важнее для потребителя параметр услуги, тем уже его нейтральная зона.

Развитием концепции «нейтральных зон» является типология эффективности элементов обслуживания Е. Кедотта и Н. Тержена, в соответствии с которой различные элементы обслуживания могут иметь положительную или отрицательную реакции потребителей, а некоторые не вызывают ответных реакций.

Для предоставления качественной услуги необходимо определить, какие ее параметры создают положительную ответную реакцию клиента и непосредственно формируют его восприятия.

Е. Кедотт и Н. Тержен разработали следующую классификацию элементов обслуживания в зависимости от их значимости в потребительских восприятиях:

1. Критические элементы обслуживания.

Формируют наименьшую нейтральную зону. Являются главными факторами, оказывающими прямое воздействие на потребителя.

Вызывают либо положительную, либо отрицательную реакцию в зависимости от того, соответствуют ли они потребительским

ожиданиям. Это тот/ минимум в обслуживании, который должен быть обязательно выполнен для того, чтобы удовлетворить клиента (например, в ресторанном бизнесе – чистота банкетных залов, вкусная и здоровая пища, вежливость и предупредительность обслуживающего персонала).

#### 2. Нейтральные элементы обслуживания.

Создают максимальную нейтральную зону и практически не влияют на качество обслуживания в восприятии клиента (например, цвет униформы персонала).

#### 3. Приносящие удовлетворение элементы обслуживания.

Вызывают положительную реакцию, если ожидания клиента предвосхищены, но никакой (в том числе отрицательной) реакции не возникает, если ожидания не удовлетворены.

Эти элементы не снижают качество обслуживания, если потребитель их не получает, но в обратном случае в сознании клиента формируют дополнительные преимущества от предоставленной услуги и тем самым повышают ее качество.

#### 4. Приносящие разочарование элементы обслуживания.

Если эти элементы не выполняются правильно, то вызывают негативную реакцию, при правильном выполнении – реакция клиента нейтральная (например, грязные пепельницы на столике в кафе).

### **Задачи по определению показателей качества продукции**

#### Задача 1

Найти вероятность безотказной работы двигателя автомобиля ЗИЛ – 130 на протяжении пробега 50 тыс. км, если из 310 двигателей, поставленных на испытание, к моменту расчета отказал 31 двигатель (формула 5.1).

#### Задача 2

Определить интенсивность отказов двигателей, если из 310 двигателей на протяжении пробега интервалом от 20 до 30 тыс. км отказали 2 двигателя; от 30 до 40 тыс. км отказало 8 двигателей, а на интервале от 40 до 50 тыс. км отказало 16 двигателей (формула 5.2).

#### Задача 3

По данным наблюдений за эксплуатацией 20 грузовых автомобилей – самосвалов ЗИЛ – 555 после пробега протяженностью 45 тыс. км установлено, что суммарное число отказов = 415. Определить наработку на отказ (формула 5.3).

#### Задача 4

При испытании пяти автомобилей в течение установленного срока зафиксировано пять отказов, на устранение которых затрачено соответственно 1,5 ч., 0,5 ч., 1,1 ч., 2,1 ч., 0,75 ч. Определить среднее время восстановления (формула 5.8).

#### Задача 5

Определить коэффициент готовности для ремонтируемого изделия, если наработка на отказ для этого изделия составляет 1010 ч., среднее время восстановления 19 ч (формула 5.9).

#### Задача 6

Определить показатели технологичности экскаватора, параметры которого приведены в таблице 4 (формулы 5.11–5.21).

Таблица 5.4

#### Исходные данные

№ п/п	Показатель	Единица измерения площадей	Значение показателя
1	Емкость ковша	м <sup>3</sup>	0,75
2	Производительность	м <sup>3</sup> /ч	150
3	Трудоемкость изготовления	тыс. н.-ч.	130
4	Трудоемкость механической обработки	-«-	60
5	Трудоемкость сборки	-«-тыс. руб.	9
6	Стоимость	-«-	18
7	Себестоимость	-«-	15,6
8	Технологическая себестоимость	-«-	12,4
9	Себестоимость механической обработки	-«-	2,6
10	Себестоимость сборки	-«-тыс. шт.	2,4
11	Масса изделия	-«-	12
12	Использование специального проката	тыс. руб.	2,1
13	Число частей изделия	тыс. н.-ч.	21
14	Число специфицируемых частей	тыс. руб.	0,75
15	Суммарная масса специфицируемых частей	кг	5,6
16	Суммарная стоимость специфицируемых частей	тыс. руб.	3,4
17	Базовый показатель трудоемкости		132
18	Базовый показатель себестоимости		15,8

### Задача 7

В грузовом автомобиле выделено 50 составных частей, в том числе особо важных – 3, основных – 15, вспомогательных – 32. Их коэффициенты весомости и патентная защита в Республике Беларусь и за рубежом отражены в таблице 5. Определить показатели патентной защиты в Республике Беларусь и странах экспорта (формула 5.28).

Таблица 5.5.

#### Патентная защита составных частей автомобиля

№	Группы составных частей	Коэффициенты весомости	Защита в Беларуси	Защита в странах экспорта
1	Особо важные: кинематическая схема двигатель внешний вид	0,4 0,3 0,1	1 1 1	1 0 1
2	Основные составные части	0,15	6	4
3	Вспомогательные составные части	0,05	8	4

### Задача 8

В токарно-револьверном станке выделено 30 составных частей, в том числе особо важных – 2, основных – 12, вспомогательных – 16. Определить показатель патентной чистоты по данным, приведенным в таблице 5.6 (формула 5.29).

Таблица 5.6

#### Патентная чистота станка

№ п/п	Группы составных частей	Коэффициенты весомости	Количество составных частей, не обладающих патентной частотой
1	Особо важные: кинематическая схема токарно-револьверная головка	0,4 0,3	0 0
2	Основные составные части	0,2	2
3	Вспомогательные составные части	0,1	4

## **Практическая работа №6 Метрологическое обеспечение производства**

*Цель работы: Познакомиться с принципами метрологического обеспечения производства*

### **Теоретическая часть**

Управление качеством невозможно представить без контроля качества, который базируется на учете многочисленных результатов измерений самых разных параметров продукции.

На практике предприятия-товаропроизводители реализуют принципы метрологии в метрологическом обеспечении измерений ~ деятельности для обеспечения требуемого качества (единства и точности) измерений. Обеспечение единства измерений необходимо для достижения сопоставимых результатов измерений одних и тех же параметров, выполненных в разное время в разных местах, с помощью различных методов и средств.

На государственном уровне метрологическое обеспечение преследует следующие цели:

- обеспечение достоверного учета;
- повышение качества продукции и эффективности управления производством;
- повышение эффективности использования материальных ценностей и энергетических ресурсов;
- повышение эффективности мероприятий по нормированию и контролю условий труда и быта людей, охране окружающей среды, оценке и рациональному учету использования природных ресурсов;
- повышение эффективности международного научно-технического, экономического и культурного сотрудничества.

Метрологическое обеспечение – понятие многоаспектное, имеющее научную, техническую, информационную, правовую и организационную основы.

Научную основу метрологического обеспечения составляет наука метрология.

Информационной основой метрологического обеспечения является система стандартных справочных данных о физических константах, свойствах веществ и материалов.

Техническую основу метрологического обеспечения образуют:

- система государственных эталонов единиц физических величин;
- система передачи размеров единиц физических величин от эталона всем средствам измерений с помощью образцовых средств измерений и других средств поверки;
- система разработки, организации производства и выпуска в обращение рабочих средств измерений, обеспечивающих определение с требуемой точностью характеристик продукции, технологических процессов и других объектов в различных видах деятельности;
- система обязательных государственных испытаний средств измерений, обеспечивающая единообразие средств измерений при их разработке и выпуске в обращение;
- система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов.

Современные промышленные предприятия, научно-исследовательские институты, конструкторские бюро оснащаются комплексом различных по сложности, принципу действия и назначению средств измерений, используемых для наладки, регулировки, ремонта приборов и аппаратуры, контроля различных технологических процессов, научных исследований и т.п. Указанные средства измерений характеризуются значительной сложностью и стоимостью, широкими функциональными возможностями и пределами измерений, высоким быстродействием, точностью и ответственностью выполняемых функций, что обуславливает повышенные требования к организации метрологического обеспечения производства, в котором они используются.

Под метрологическим обеспечением производства (МОП) понимают установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Среди задач МОП решаемых на уровне предприятий (объединений), наиболее важными являются:

- своевременное и качественное проведение метрологической экспертизы проектов, нормативно-технической, конструкторской и технологической документации;
- установление рациональной номенклатуры и оптимальных норм точности измерений, обеспечивающих достоверность входного и приемочного контроля изделий, узлов, заготовок, материалов, инструмента, а также эффективность

управления режимами технологических процессов и оборудования;

- разработка и применение наиболее совершенных методик выполнения измерений, гарантирующих экономически обоснованную точность измерений;
- обеспечение производства (выбор, снабжение, разработка, изготовление) средствами измерений (СИ), установление рациональной номенклатуры СИ и поверочной аппаратуры, применяемых на предприятии;
- организация и обеспечение метрологического обслуживания и, прежде всего поверки СИ, разработки локальных поверочных схем и «привязки» их к государственным и ведомственным поверочным схемам, обеспечение поверочной аппаратурой, установление оптимальных межповерочных интервалов для применяемых СИ, а также обеспечение ремонта, юстировки и наладки СИ, используемых в производстве.

В настоящее время метрологическое обслуживание и ремонт СИ осуществляются по системе послеосмотровых ремонтов, которая предусматривает проведение ремонтов по техническому состоянию.

Ремонт по техническому состоянию – это плановый ремонт, объем, и момент начала, которого определяются техническим состоянием средства измерения, выполняемого при проведении периодических поверок СИ. В процессе таких поверок, проводимых метрологическим органом при эксплуатации и хранении СИ через определенные промежутки времени, определяются погрешности СИ, и устанавливается его пригодность.

Если при проведении очередной периодической поверки устанавливают, что погрешность средства измерений вышла за допускаемые пределы или произошло такое снижение работоспособности, при котором средство измерения не проработает с допустимой погрешностью до следующей поверки, то назначают вид ремонта и последующую настройку (юстировку) по доведению погрешностей средства измерений до заданного значения.

Важнейшими нормативами системы послеосмотровых ремонтов являются межповерочный интервал, объем поверочных и ремонтных работ.

Межповерочный интервал (МПИ) устанавливает время между двумя смежными периодическими поверками. МОИ играет

существенную роль в формировании затрат и эффекта, связанных с метрологическим обслуживанием и ремонтом СИ. Причем его влияние на основные составляющие затрат и эффекта является разнонаправленным, что обуславливает экстремальный характер задачи определения продолжительности МПИ. В результате решения такой задачи может быть найдено оптимальное значение МПИ.

Объем поверочных работ, определяющий норму времени на одну поверку, складывается из трудоемкостей нахождения погрешностей в определенных точках на всех пределах СИ. Число поверяемых точек определяется конструктивными особенностями СИ и требованиями к надежности поверки. В свою очередь, затраты времени на поверку СИ в одной поверяемой точке определяются составом трудовых приемов, действий и движений поверителя.

Объем ремонтных работ, определяющий нормы времени на ремонт СИ, также зависит от технологии и структуры трудового процесса, которые, в свою очередь, обусловлены характером их регламентации.

По этому фактору различают плановые и неплановые ремонты. Для каждого из них установлены специализированные методики – приемы определения затрат времени на ремонтные работы.

Расчет указанных организационно-плановых нормативов метрологического обслуживания и ремонта СИ состоит из следующих этапов:

- разработка укрупненной технологии операции поверки и ремонта СИ, устанавливающей поверяемые точки, алгоритм поиска отказов, состав заменяемых элементов, комплект образцовых СИ и ремонтного оборудования, поверочные схемы и т.д.;
- разработка наиболее рациональной структуры трудового процесса поверителя и ремонтника, включающей перечень трудовых приемов, действий и движений на все элементы технологической операции поверки и ремонта СИ;
- определение затрат времени на отдельные элементы и операции поверки и ремонта СИ в целом (норм времени на поверку и ремонт);
- определение оптимальной продолжительности МПИ СИ  $t_{opt}$ , обеспечивающей минимум приведенных затрат на метрологическое обслуживание и ремонт СИ

$$t_{\text{порт}} = \sqrt{2\beta\gamma(1 + \alpha K)} \quad (6.1)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – параметры, характеризующие конструктивно-технологические и эксплуатационные особенности проведения проверок и ремонта СИ;

$K$  – капитальные вложения на приобретение (разработку и производство), транспортировку и монтаж оборудования для проверок и ремонта СИ, руб.

Параметры  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  определяют следующим образом:

$$\beta = \frac{1}{\omega_1}; \quad \alpha = \frac{E_n(\tau_n + \tau_p)}{\Phi(C_n + C_p)}; \quad \gamma = \frac{C_n + C_p}{C_u} \quad (6.2)$$

где  $\omega_1$  – угловой коэффициент, характеризующий нарастание параметра потока отказов СИ в зависимости от его наработки, ч<sup>-2</sup>;

$E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, равный 0,15;  $\tau_p$  и  $\tau_n$  – нормы времени на плановые проверки и ремонт СИ, ч;

$C_p$  – затраты на одну плановую проверку, руб.;

$C_r$  – затраты на один плановый ремонт, последующую юстировку и окончательную проверку, руб.;

$\Phi$  – годовой фонд времени работы оборудования для проверок и ремонта СИ, ч;

$C_u$  – затраты и потери, приходящиеся на один отказ и последующий неплановый ремонт СИ в интервале между двумя плановыми проверками, руб.

На основе рассчитанного по формуле 6.3 значения  $t_{\text{порт}}$  определяют календарную продолжительность межповерочного интервала:

$$T_{\text{порт}} = \frac{t_{\text{порт}}}{p \cdot m} \quad (6.3)$$

$p$  – плотность эксплуатации СИ, ч/дн.;  $m$  – среднее число рабочих дней в месяце. Рассчитанное по формуле значение  $T_{\text{порт}}$  корректируется в сторону ближайшего члена следующего числового ряда: 3, 6, 9, 12, 24, 30, 36, 48, 60 мес.

### Практическая часть

1. Произвести расчет коэффициентов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  по формулам 61.
2. Расчет оптимальной продолжительности межповерочного интервала  $t_{n \text{ opt}}$  по формуле 5.57.
3. Расчет календарной продолжительности межповерочного интервала  $T_{n \text{ opt}}$  по формуле 5.58.
4. Корректировка расчетного значения  $T_{n \text{ opt}}$  до ближайшего члена регламентированного числового ряда.

\* все недостающие данные взять в примере расчета.

### Пример расчета

Исходные данные. Эксплуатация ВЗ-39 характеризуется следующими величинами:  $C_p=26$  руб.,  $C_n = 12$  руб.,  $K = 6,1$  тыс. руб.,  $\omega_1 = 9 \cdot 10^{-7} 1/\text{ч}^2$ ,  $T_p = 5$  ч,  $T_n = 3$  ч.,  $\Phi = 2000$  ч.,  $m = 21,3$  дн./мес.,  $p = 8$  ч/дн.,  $C_{и} = 7$  руб.

Расчет по формулам 61-63 дает:

$$\beta = \frac{1}{9 \cdot 10^{-7}} = 11 \cdot 10^5 \text{ ч}^2$$

$$\alpha = \frac{0,15 \cdot (5 + 3)}{2000 \cdot (26 + 12)} = 15,8 \cdot 10^{-6} / \text{руб}$$

$$\gamma = \frac{26 + 12}{7} = 5,4$$

$$t_{n \text{ opt}} = \sqrt{2 \cdot 11 \cdot 10^5 \cdot 5,4 (1 + 15,8 \cdot 10^{-6} \cdot 6100)} = 3600 \text{ ч.}$$

$$T_{n \text{ opt}} = \frac{3600}{8 \cdot 21,3} = 21,1 \text{ мес.}$$

В соответствии с приведенным выше числовым рядом в качестве нормативного принято значение  $T_{n \text{ opt}}^H = 24$  мес. (2 года).

### Контрольные вопросы

1. Какова роль метрологического обеспечения в управлении качеством продукции?
2. Почему необходимо обеспечение единства измерений?
3. Организационная основа метрологического обеспечения.
4. Этапы расчета организационно-плановых нормативов.
5. Задачи метрологического обеспечения производства.
6. Межповерочный интервал и его роль в метрологическом обслуживании.

7. Когда проводится ремонт по техническому состоянию?

Таблица 6.1

**Исходные данные.**

**Технико-экономические параметры для расчета оптимальной продолжительности межповерочного интервала средств измерений**

Тип средств в измерениях	$C_p$ руб.	$C_n$ руб.	K руб.	$\omega \cdot 10^7$ ч <sup>-2</sup>	$T_p$ ч	$T_n$ ч	Тип средств измерения	$C_p$ руб.	$C_n$ руб.	K руб.	$\omega \cdot 10^7$ ч <sup>-2</sup>	$T_p$ ч	$T_n$ ч
Е6-3	16	10	230	18	4	2.5	В3-7	17	9	1500	17	6	2
Е6-4А	16	10	250	18	4	2.3	В3-8	16	9	1300	14	6	2
Е6-5	17	10	250	13	4	2.5	В3-12	16	10	1200	23	6	2
Е6-6	15	10	230	16	4	2.5	В3-13	17	10	1600	18	5	2
Е6-7	16	10	2700	13	4	6.2	В3-14	19	10	2700	14	5	2
Е6-8	16	10	230	15	4	5	В3-15	18	11	1100	5	5	4
Е6-9	17	10	230 60	13	4	6.3	В3-23	17	12	1000	4	5	3
Е6-10	14	10	60	11	6	2.5	В3-24	26	16	400	2	5	8
Е6-11	16	10	60	17	6	6.2	В3-25	20	13	1100	8	5	4
Е6-12	15	10		19	6	2.5	В3-33	22	12	1200	23	5	4
Е6-13	17	10	2920	11	6	3.0	В3-36	23	11	5700	25	5	4
Е6-14	18	10	220	17	7	2.9	В3-39	26	12	6100	9	5	3
Е6-15	15	10	90	13	8	3.0	В3-40	25	12	6100	11	5	3
Е6-17	16	10	2850	12	6	3.0	В3-41	26	11	6100	13	5	3
В1-2	16	18	2100	21	15	4.0	В3-42	23	12	6100	4	5	3
В1-4	17	18	2100	17	15	4.0	В3-43	25	13	6100	5	5	3
В1-8	18	16	2100	11	20	5.0	В3-49	26	12	6100	4	7	3
В2-3	17	11	2000	23	10	3.0	В3-48	26	12	6100	2	7	2
ВК2-6	19	10	2100	14	8	2	В3-53	26	11	5130	3	7	2
В2-11	19	9	100	12	10	3	В4-2	24	12	500	17	4	1.5
В2-12	16	9	2500	15	15	3	В4-5	25	12	500	14	5	2
В2-15	17	10	2500	12	20	2	В4-31	26	12	6200	14	5	2
ВК2-17	18	10	2500	9	16	3	В4-4	27	12	600	13	4	2
В2-25	15	10	3100	8	15	3	В4-11	28	10	1700	8	5	1
В2-19	17	10	3100	10	15	3	В6-1	25	11	2100	12	5	2
В3-2А	19	8	600	20	10	2	ВК7-6	25	12	3100	15	5	4
В3-3	15	8	1700	19	10	2	ВК7-9	28	14	3100	12	5	4
В3-4	17	8	2500	21	6	1.5	ВК7-95	27	14	3200	12	5	4
В3-5	17	9	2200	18	6	1.5	В7-17	27	14	4500	7	6	5
В3-6	18	9	4200	22	6	1.5	В7-26	28	14	6500	4	6	5

## ЛИТЕРАТУРА

1. Басовский, Л. Е. Управление качеством: учебник / Л. Е. Басовский, В. Б. Протасьев. - Москва: ИНФРА-М, 2000. - 212 с.
2. Воздвиженский, В. М. Контроль качества отливок: учеб. пособие для вузов / В. М. Воздвиженский, А. А. Жуков, В. К. Бастраков. - Москва: Машиностроение, 1990. - 237 с.
3. Иванов В.С. Контроль качества продукции в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1990. – 97 с.
4. Коротин, И. М. Контроль качества термической обработки металлов: учеб. пособие / И. М. Коротин. - Москва: Высшая школа, 1980. - 191 с.
5. Контроль качества продукции в машиностроении: учеб. пособие / Под ред. А.Э. Артеса. – Москва: Изд-во стандартов, 1980 – 271 с.
6. Стандартизация и управление качеством продукции: учебник / под ред. В. А. Швандара. - Москва: ЮНИТИ, 2001. - 487 с.
7. Управление качеством : учеб.-метод. пособ. для студентов вузов / под общ. ред. В. Е. Сыцко. - Минск: Вышэйшая школа, 2009. - 191 с.
8. Зоткин, В. Е. Методология выбора материалов и упрочняющих технологий в машиностроении: учебное пособие для вузов / В. Е. Зоткин. - Изд. 4-е, перераб. и доп.. - Москва: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2010. - 319 с.
9. Немененок, Б.М. Управление качеством продукции металлургического производства: учебно-методическое пособие /Б.М. Немененок, И.В. Рафальский, Г.А. Румянцева. – Минск: БНТУ, 2009. – 84 с.
10. Немененок, Б.М. Управление качеством продукции металлургического производства: методические указания / Б.М. Немененок. – Минск: БНТУ, 2008. – 16 с.
11. Системы, методы и инструменты менеджмента качества / М.М. Кане и [др.]. – СПб.: Питер, 2012. – 576 с.
12. Басовский, Л.Е. Управление качеством: учеб. / Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 211 с.
13. Норенков, И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 319 с.

14. Управление качеством: учеб. / под ред. С.Д. Ильенковой. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 352 с.
15. Мерзликина, Н.В. Управление качеством: учеб. пособие / Н.В. Мерзликина, А.А. Недбай. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 210 с. – (Управление качеством: УМКД № 106–2007 / рук. творч. коллектива Н.В. Мерзликина).
16. ИСО 9000:2000. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь.
17. ИСО 9001:2000. Система менеджмента качества. Требования.
18. ИСО 9004:2000. Система менеджмента качества. Руководящие указания по улучшению.
19. ИСО 19011:2002. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента качества и / или систем экологического менеджмента.
20. ИСО/ТР 10013:2001. Руководство по документации системы менеджмента качества.
21. Огвоздин, В.Ю. Управление качеством: учеб. пособие / В.Ю. Ог – воздин. – М.: Дело и Сервис, 1999. – 159 с.
22. Всеобщее управление качеством: учеб. для высших учебных заведений / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин. – М.: Радио и связь, 1999. – 599 с.
23. Фомин, В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация: учеб. пособие / В.Н. Фомин. – М.: Ось-89, 2005. – 384 с.
24. Никифоров, А.Д. Управление качеством: учеб. пособие / А.Д. Никифоров. – М.: Дрофа, 2004. – 720 с.
25. Философские и социальные аспекты качества / Б.С. Алешин, Л.Н. Александровская, В.И. Круглов, А.М. Шолом. – М.: Логос, 2004. – 438 с.
26. Ребрин, Ю.И. Управление качеством [Электронный ресурс]: учеб. пособие/Ю.И. Ребрин. – Режим доступа: [www.aup.ru/books/m93/1\\_2.htm](http://www.aup.ru/books/m93/1_2.htm). – Загл. с экрана.

# **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Практикум  
по одноименному курсу  
для студентов специальности 1-42 01 01  
«Металлургическое производство  
и материалобработка (по направлениям)»  
специализации 1-42 01 01-01 «Металлургическое  
производство и материалобработка (металлургия)»  
дневной и заочной форм обучения**

Составитель **Жаранов** Виталий Александрович

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 15.02.18.

Рег. № 98Е.

<http://www.gstu.by>