

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

Ю.А. ВАШУКОВ

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет)» в качестве лабораторного практикума для студентов, обучающихся по программам высшего образования подготовки бакалавров укрупненной группы направлений 38.00.00 Экономика и управление

САМАРА
Издательство СГАУ
2015

УДК 33
ББК 65.9
В 234

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. Е.А. Вакулич,
 д-р техн. наук, проф. А.Н. Коптев

Вашуков Ю.А.

В234 Управление качеством: лабораторный практикум / *Ю.А. Вашуков.* –
Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 84 с.

ISBN 978-5-7883-1049-7

Работа составлена в соответствии с рабочими программами по курсу «Управление качеством» для студентов факультета экономики.

Содержит краткие теоретические сведения и указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Управление качеством». Каждая лабораторная работа включает в себя задачи для самостоятельного решения и контрольные вопросы.

Предназначено для студентов укрупненной группы направлений 38.00.00 Экономика и управление

УДК 33
ББК 65.9

ISBN 978-5-7883-1049-7

© СГАУ, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. «Формирование представлений о качестве и единичных показателей качества промышленной продукции»	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. «Показатели описательной статистики. Построение гистограммы»	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. «Законы надежности. Критерии согласия»	32
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. «Построение диаграммы разброса»	47
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. «Графики. Диаграмма Парето»	57
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. «Контрольные карты по количественным признакам»	67
Список использованных источников.....	80
Приложение	81

ВВЕДЕНИЕ

Качество объекта закладывается и формируется практически на всех этапах его жизненного цикла. На результат выполнения каждого из этих этапов влияет множество различных факторов. Это приводит к вариабельности (изменчивости) свойств объекта. Например, для этапа производства изделия характерны вариации (колебания) свойств материала, нестабильность работы оборудования, различная квалификация и индивидуальные особенности работника, изменения окружающей среды (температура, влажность, вибрации и т.п.) и другие факторы.

Теория вариабельности исходит из того, что все виды продукции и услуг, а также все процессы, в которых они создаются или преобразуются, подвержены вариациям – отклонениям от заданных значений.

Концепция управления качеством предполагает рассмотрение каждого этапа жизненного цикла изделия с позиций обеспечения и поддержания требуемого уровня качества. Вариабельность свойств объекта на различных этапах оказывает существенное влияние на его качество. Статистические методы позволяют проводить измерение и анализ вариаций с целью их сокращения и таким путем обеспечивают снижение дефектности продукции до приемлемого уровня.

Стандарты ИСО серии 9000 утверждают, что правильное применение статистических методов имеет важное значение для проведения управляющих воздействий на всех этапах жизненного цикла.

Используя статистические методы, можно своевременно выявлять проблемы, связанные с качеством, обнаружить нарушение процесса до того, как произошел выпуск дефектных изделий. В значительной мере статистические методы позволяют установить и причины нарушений.

Причины вариаций любых процессов могут быть разделены на две группы. Первая – это общие причины, связанные с производственной системой (оборудование, здания, сырье, персонал); соответствующую вариабельность нельзя изменить без изменения системы. Любые действия рядовых сотрудников – исполнителей в этой ситуации скорее всего только ухудшат положение.

Вмешательство в систему почти всегда требует действий со стороны руководства – высшего менеджмента.

Вторая группа – специальные причины, связанные с ошибками оператора, сбоями настройки, нарушением режима. Ликвидацией этих причин занимается персонал, непосредственно участвующий в процессе. Это неслучайные причины – износ инструмента, ослабление креплений, изменение температуры охлаждающей жидкости, нарушение технологического режима. Такие причины должны быть изучены и могут быть устранены при настройке процесса, что и обеспечит его стабильность.

По правилу 85:15, предложенному Д. Джураном в развитие известного принципа Парето 80:20, примерно в 15 % всех возникающих в процессе проблем необходимо именно вмешательство линейного персонала, гораздо чаще – в 85 % требуются действия высшего менеджмента.

Управленческое решение принимается на основе мониторинга процесса и диагностики ситуации. При этом сбор, обработка и анализ соответствующей информации проводится статистическими методами.

Системный подход к процедуре принятия решения – надо или не надо вмешиваться в процесс, а если надо, то на каком уровне (высший менеджмент или сотрудники – исполнители), основанный на теории вариабельности, называют статистическим мышлением. При этом речь идет не только о производственном процессе, но и о принятии решений на всех уровнях организации, как оперативных или тактических, так и стратегических.

В соответствии с формулировкой Американского общества качества статистическое мышление – это философия обучения и действий, основанная на следующих фундаментальных принципах:

- любая работа осуществляется в системе взаимосвязанных процессов;
- во всех процессах есть вариации;
- понимание и снижение вариаций – ключ к успеху.

Необходимо иметь в виду, что применение статистических методов в задачах управления качеством позволяет выявить проблемы и их причины, решение же этих проблем – задача специалистов в конкретной области: металлургии, автомобилестроении, химической или пищевой промышленности. Тем более важным является формирование статистического мышления и у таких специалистов.

В настоящее время при обработке статистических данных получило использование программных средств. Среди универсальных программных

средств, установленных практически на каждом компьютере, наиболее распространены электронные таблицы Excel, которые предоставляют достаточно широкие возможности для статистического анализа с использованием статистических функций.

Гораздо более широким спектром инструментов обладает статистический пакет SPSS. Этот программный комплекс имеет набор специальных модулей, ориентированных на контроль и анализ качества: это модули «Контрольные карты», «Анализ процессов», «Планирование эксперимента».

Создание компьютерной системы управления качеством на основе CALS-технологий (в отечественной литературе их иногда называют ИПИ-технологиями – Информационная Поддержка жизненного цикла Изделия) активно используется при разработке и производстве сложной наукоемкой продукции. Применение CALS-технологий позволяет решать проблемы обеспечения качества выпускаемой продукции, поскольку электронное описание этапов жизненного цикла изделия полностью соответствует требованиям международных стандартов качества ИСО серии 9000.

В соответствии с принципом менеджмента качества – принятие решений, основанных на фактах – японские специалисты разработали такие процедуры, которые достаточно просты для применения, не требуют специальных знаний, но в то же время дают результаты, позволяющие оперативно анализировать и совершенствовать технологические процессы. Основное их назначение: контроль протекающих процессов, представление участнику процесса фактов для корректировки и улучшения качества. Существует 7 статистических методов контроля и управления качеством. С использованием программных средств (Excel, SPSS) они будут рассмотрены в этой работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.

«Формирование представлений о качестве и единичных показателей качества промышленной продукции»

Цель работы:

- ознакомиться с понятием «качество продукции»;
- ознакомиться с нормативными документами, объясняющими понятия «качество», «обеспечение качества», «управление качеством»;
- изучить существующие показатели качества промышленной продукции;
- научиться формировать единичные показатели качества.

Краткие теоретические сведения

Существует большое число определений категории качества.

В стандарте ИСО 9000:2011 смысл термина «качество» определен как степень удовлетворения требований совокупностью характеристик, присущих какому-либо объекту.

Кроме этих определений, в разных источниках существует еще множество других, и практически во всех подчеркивается, что качество – это то, что удовлетворяет требования потребителя.

Под объектом в определениях понимается все, что может быть индивидуально описано и рассмотрено, т.е. товар, услуга, процесс, организация или отдельное лицо, или любая комбинация из перечисленного выше.

В практической деятельности термин «объект» обычно заменяется термином «продукция».

Продукция представляет собой результат процесса (процессов) или какой-либо деятельности. Она может быть как материальной (изделие), так и нематериальной (услуги). Услуги производственного характера называют работами (например, установка и наладка оборудования).

Представление о качестве основано на требованиях и пожеланиях потребителя (не государства и не производителя). Суть определения «качество» за-

ключается в том, что потребности потребителя надо понять и удовлетворить. Потребители ожидают, что продукция или услуги будут такими, как им нужно, или, еще лучше, их будут поставлять вовремя и по приемлемой цене.

Потребителем является не только покупатель конечной продукции (внешний потребитель), но и любой участник производства на последующей стадии технологического цикла или производственного процесса.

Чтобы говорить об удовлетворении потребностей, надо эти потребности выявить и четко сформулировать. В некоторых случаях, особенно когда речь идет о характеристиках безопасности продукции, потребности устанавливаются соответствующими требованиями стандартов, однако многие другие характеристики зависят от складывающейся конъюнктуры рынка. В условиях постоянной конкурентной борьбы необходимо периодически проводить анализ потребностей. Установленные и предполагаемые потребности потребителя надо перевести в требования к качеству, которые представляют потребности в виде набора количественных (размер, масса, мощность) или качественных (гладкий, сладкий, матовый) показателей. Для обеспечения контроля и управления качеством желательно, чтобы как можно большее число показателей качества имело количественное значение.

Область деятельности, связанная с количественной оценкой качества продукции, называется квалиметрией (от латинского слова *qualis* – какой по качеству, и греческого *metrio* – измеряю).

Оценка уровня качества продукции является основой для выработки необходимых управляющих воздействий в системе управления качеством продукции.

Количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления (например, безотказность работы, трудоемкость, себестоимость, масса, размер изделия и т. д.), называется показателем качества продукции.

Наименование показателя качества (ПК) определяет характеризующее свойство, а его численное значение характеризует степень проявления данного свойства.

Выбор показателей качества устанавливает перечень наименований количественных характеристик свойств продукции, входящих в состав ее качества и обеспечивающих оценку уровня качества продукции.

В зависимости от состава и особенностей решаемых задач ПК объектов классифицируют по разнообразным признакам. Универсальными признаками классификации ПК применительно к задачам оценки качества являются:

- число характеризующих свойств объекта;
- форма представления характеризующих свойств объекта;
- роль показателей при оценке качества.

В зависимости от *числа характеризующих свойств* различают единичные, комплексные, интегральные и обобщенный ПК.

Значительная роль при оценке качества продукции принадлежит единичным показателям. Единичный ПК объекта характеризует одно из его свойств (простое свойство), которое может быть выделено и оценено независимо от других свойств, входящих также в качество объекта.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
2. Привести пример промышленной продукции плохого качества. Проанализировать недостатки с точки зрения соответствия техническим условиям, качеству конструкции и функциональному качеству. Указать сущность и причины расхождения в представлении о качестве у производителя и потребителя с Вашей точки зрения.
3. Выбрать в качестве объекта экспертизы промышленную продукцию.
Сформировать единичные показатели качества и определить меры показателей качества. Результаты оформить в виде табл. 1.1.
4. Оформить отчет.

Содержание отчета

1. Привести результаты оценки качества промышленной продукции.
2. Привести результаты экспертизы в виде табл. 1.1.
3. Проанализировать полученные данные и сформулировать выводы по работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 1.1 – Единичные показатели качества промышленной продукции

Наименование объекта экспертизы	Показатель качества 1	Показатель качества 2	Показатель качества 3	Показатель качества 4	Показатель качества 5

Контрольные вопросы

1. В чем особенности качества продукции как социально-экономической категории?
2. Каково значение повышения качества?
3. Что такое качество промышленной продукции?
4. Что такое управление качеством?
5. Каковы принципы управления качеством?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

«Показатели описательной статистики. Построение гистограммы»

Цель работы:

- ознакомление с показателями описательной статистики;
- освоение технологии определения показателей описательной статистики с помощью табличного редактора Microsoft Excel и программного комплекса SPSS;
- изучение методики построения гистограммы;
- ознакомление с порядком построения гистограммы с использованием табличного редактора Microsoft Excel и программного комплекса SPSS.

Основные показатели описательной статистики

Статистическая информация представляется совокупностью данных, для характеристики которых используются разнообразные показатели, называемые показателями *описательной статистики*. Уровень образования, прожиточный минимум, дифференциация доходов населения, среднее число детей в семье, средний курс доллара и мера его колебания за определенный интервал времени, таблицы продолжительности жизни, наиболее часто встречающийся счет в чемпионате России по футболу – все это показатели описательной статистики.

Показатели описательной статистики можно разбить на несколько групп.

1. *Показатели положения* описывают положение данных на числовой оси. Примеры таких показателей – минимальный и максимальный элементы выборки (первый и последний члены вариационного ряда), средняя арифметическая, структурные средние (мода, медиана) и другие характеристики.

2. *Показатели вариации* описывают степень разброса данных относительно своего центра. К ним в первую очередь относятся: дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации, размах выборки и т. п. Эти по-

казатели определяют, насколько кучно основная масса данных группируется около центра.

3. *Показатели, описывающие закон распределения*, дают представление о законе распределения данных. Сюда относятся таблицы частот, кумуляты, гистограммы.

На практике, а также при использовании семи статистических инструментов контроля чаще всего используются следующие показатели положения (средняя арифметическая, медиана, мода) и показатели вариации (дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации, размах).

Показатели положения

При изучении особенностей статистического распределения прежде всего, следует найти его центральное значение, т.е. средний уровень. Для характеристики центра распределения применяются показатели, получившие название *средних величин*. Средние величины в статистическом понимании – это обобщающий показатель совокупности однотипных явлений по какому-либо количественному признаку.

Цель определения средних величин – получить сводный показатель, описывающий данную совокупность в целом. При этом вместо совокупности признаков получается один показатель, используемый для дальнейшего анализа.

Самый распространенный вид средних – средняя арифметическая: простая или взвешенная.

Средняя арифметическая для простого ряда:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_i x_i.$$

Средняя арифметическая взвешенная определяется из следующего выражения:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i f_i}{\sum_i f_i},$$

где f_i – веса, в роли которых могут выступать частоты.

В формулах средней арифметической взвешенной, рассчитываемой для интервального вариационного ряда, в качестве x принято брать середину ин-

тервала, исходя из предположения о равномерном распределении единиц совокупности на данном интервале. Середина интервала определяется как полусумма значений его нижней и верхней границ (при условии, что верхняя граница данного интервала совпадает с нижней границей следующего интервала).

Расчет средней арифметической по данным ряда распределения имеет свои особенности. Проиллюстрируем эти особенности по данным группировки в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет среднего производственного стажа работников на основе ряда распределения

Стаж, лет	Число работников f	Середина интервала x	xf
1–4	4	2,5	10,0
4–7	5	5,5	27,5
7–10	2	8,5	17,0
Итого	11	-	54,5

В данном случае используется формула средней арифметической взвешенной.

$$\bar{x} = \frac{\sum xf}{\sum f} = \frac{2,5 \cdot 4 + 5,5 \cdot 5 + 8,5 \cdot 2}{4 + 5 + 2} = \frac{54,5}{11} = 4,95.$$

Структурные средние

К структурным средним относятся:

1. Мода – наиболее часто встречаемое значение признака *в вариационном ряду*.

Во многих случаях эта величина наиболее характерна для ряда распределения и вокруг нее концентрируется большая часть вариантов. При изменении распределения в его концах мода не меняется, т.е. она обладает определенной устойчивостью к вариации признака. Поэтому моду наиболее удобно использовать при изучении рядов с неопределенными границами.

Для *дискретного* ряда мода находится непосредственно по определению.

В случаях *интервальных* рядов с равными интервалами, модальным интервалом считается интервал с наибольшей частотой.

В интервальном вариационном ряду мода рассчитывается по формуле

$$Mo = Xo + h \frac{f_2 - f_1}{(f_2 - f_1) + (f_2 - f_3)},$$

где X_o – нижняя граница модального интервала (интервалы с наибольшей частотой);

h – ширина интервала;

f_2 – частота модального интервала;

f_1 – частота интервала, предшествующего модальному;

f_3 – частота интервала, последующего за модальным.

Пример. Имеются следующие данные (табл. 2.2.).

Таблица 2.2 – **Вычисление моды вариационного интервального ряда**

Интервалы	Частота
70-80	2
80-90	10
90-100	30
100-110	45
110-120	13

$$M_0 = 100 + 10 \cdot (45 - 30) / ((45 - 30) + (45 - 13)) = 103,2.$$

2. Медиана – значение признака, которое находится в середине вариационного ранжированного ряда и делит ряд пополам.

Таким образом, в ранжированном ряду распределения одна половина ряда имеет значения признака, превышающие медиану, другая – меньше медианы. Ряд с четным числом членов делит пополам не одна, а две единицы совокупности.

Из определения медианы следует, что она не зависит от тех значений признака, которые расположены по обе стороны от нее. В связи с этим медиана является лучшей характеристикой центральной тенденции в тех случаях, когда концы распределений расплывчаты или в ряду распределения имеются чрезмерно большие или малые значения.

Медиана для интервального ряда распределения рассчитывается по формуле

$$Me = X_o + h \frac{\frac{\sum f_i}{2} - S}{f_2},$$

где $\frac{\sum f_i}{2}$ – порядковый номер медианы;

S – накопленная частота до модального интервала.

Пример. Имеются следующие данные (табл. 2.3.).

Таблица 2.3 – Месячная заработная плата рабочих группы малых предприятий одного из регионов

Группы рабочих по размеру заработной платы, руб.	Число рабочих, чел.
2000–3000	15
3000–4000	35
4000–5000	75
5000–6000	40
6000–7000	25
Свыше 7000	10
Итого	200

Вычислить среднюю заработную плату, моду и медиану заработной платы рабочих малых предприятий.

Решение

По условию задачи имеется интервальный ряд распределения рабочих, поэтому средняя заработная плата вычисляется по формуле средней арифметической взвешенной с предварительным определением середины каждого интервала

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum xf}{\sum f} = \frac{2500 \cdot 15 + 3500 \cdot 35 + 4500 \cdot 75 + 5500 \cdot 40 + 6500 \cdot 25 + 7500 \cdot 10}{15 + 35 + 75 + 40 + 25 + 10} = \\ &= \frac{955000}{200} = 4775 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Следовательно, средняя месячная заработная плата рабочих малых предприятий составляет 4775 руб.

Далее исчислим моду и медиану:

$$\begin{aligned}
 Mo &= Xo + h \frac{f_2 - f_1}{(f_2 - f_1) + (f_2 - f_3)} = \\
 &= 4000 + 1000 \cdot \frac{75 - 35}{(75 - 35) + (75 - 40)} = 4000 + 1000 \cdot \frac{40}{40 + 35} = \\
 &= 4000 + 1000 \cdot 0,533 = 4533 \text{ руб.}
 \end{aligned}$$

Наиболее часто встречающаяся величина средней месячной заработной платы составляет 4533 руб.

$$\begin{aligned}
 Me &= Xo + h \frac{\frac{\sum f_i}{2} - S}{f_2} = 4000 + 1000 \cdot \frac{100 - 50}{75} = \\
 &= 4000 + 1000 \cdot 0,667 = 4667 \text{ руб.}
 \end{aligned}$$

Следовательно, половина рабочих имеет среднемесячную заработную плату меньше 4667 руб., а половина – больше этой суммы.

Показатели вариации.

Различие индивидуальных значений признака внутри изучаемой совокупности в статистике называется *вариацией признака*. Термин вариация произошел от латинского *variatio* – изменение, колеблемость, разброс. Под вариацией в статистике понимают такие количественные изменения величины изучаемого признака в пределах однородной совокупности, которые обусловлены перекрывающимся влиянием действия различных факторов.

Разброс отдельных значений характеризуют показатели вариации. К показателям вариации относятся:

1. Размах представляет собой разность между максимальной и минимальной величиной признака: $R = x_{\max} - x_{\min}$.

Размах вариации учитывает только крайние значения признака и не учитывает все промежуточные. Этот показатель представляет интерес в тех случаях, когда важно знать, какова амплитуда колебаний значений признака, например, каковы колебания цены на данный товар в течение недели или по разным регионам в данный отрезок времени.

Однако этот показатель не дает представления о характере вариационного ряда, расположении вариантов вокруг средней и может сильно меняться, если

добавить или исключить крайние варианты (когда эти значения аномальны для данной совокупности). В этих случаях размах вариации дает искаженную амплитуду колебания против нормальных ее размеров.

2. *Дисперсия* определяется из выражения

$$D = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{(\sum f_i)}.$$

3. Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{D}.$$

Среднее квадратическое отклонение показывает, на сколько в среднем отклоняются конкретные варианты признака от его среднего значения. Величина σ часто используется в качестве единицы измерения отклонений от средней арифметической.

4. *Коэффициент вариации* – V . Используется для оценки меры вариации и дает относительную оценку вариации, а результат выражается в процентах

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100 \, \%.$$

По величине коэффициента вариации можно судить о степени вариации признаков совокупностей. Чем больше его величина, тем больше разброс значений вокруг средней величины, тем менее однородна совокупность по своему составу и тем менее представительна средняя. Если его величина не превышает 33–35 %, то делают вывод об относительно невысокой колеблемости признака, о типичности, надежности средней величины, об однородности совокупности. Если он более 33–35 %, то все приведенные выводы следует изменить на противоположные.

Проиллюстрируем расчет показателей вариации.

Пример. Имеется ряд распределения (табл. 2.4.).

Таблица 2.4 – **Распределение по стажу**

Стаж, лет	Число работников, чел
1–7	4
4–7	5
7–10	2
Итого	11

Определите: а) размах вариации; б) дисперсию; в) среднее квадратическое отклонение; г) коэффициент вариации.

Решение

Размах вариации – разница между максимальным и минимальным значениями признака: $R = 10 - 1 = 9$ лет.

Для определения остальных показателей воспользуемся табл. 2.5.

**Таблица 2.5 – Расчет показателей вариации
производственного стажа работников**

Стаж, лет	Число работников, f	x	xf	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^2 f$
1–4	4	2,5	10,0	-2,5	6,25	25,00
4–7	5	5,5	27,5	0,5	0,25	1,25
7–10	2	8,5	17,0	3,5	12,25	24,20
Итого	11		54,5	-	-	50,75

$$\bar{x} = \frac{\sum xf}{\sum f} = \frac{2,5 \cdot 4 + 5,5 \cdot 5 + 8,5 \cdot 2}{4 + 5 + 2} = \frac{54,5}{11} = 4,95.$$

2. Дисперсия равна:

$$D = \sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2 f}{\sum f} = \frac{50,75}{11} = 4,6.$$

3. Среднее квадратическое отклонение равно:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{4,6} = 2,1 \text{ года}.$$

4. Коэффициент вариации равен:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{2,1}{5,0} \cdot 100 = 42,0 \, \%.$$

Анализ полученных данных говорит о том, что стаж работников предприятия отличается от среднего стажа ($\bar{x} = 5,0$) в среднем на 2,1 года, или на 42,0 %.

Значение коэффициента вариации превышает 33 %, следовательно, вариация производственного стажа велика, найденный средний производственный стаж плохо представляет всю совокупность работников, не является ее типичной, надежной характеристикой, а саму совокупность нет оснований считать однородной по производственному стажу.

Использование гистограммы для оценки качества процесса

В результате измерения параметров соответствующими измерительными средствами получают ряд данных, представляющих собой неупорядоченную последовательность значений параметра, на основе которых невозможно сделать корректные выводы. Поэтому для осмысления информации о качестве (статистических данных) строят гистограмму распределения.

Гистограмма – инструмент представления данных, сгруппированных по частоте попадания в определенный (заранее заданный) интервал.

Гистограмма применяется главным образом для анализа значений измеряемых параметров. Благодаря простоте построения и наглядности гистограммы нашли применение в самых разных областях:

- для анализа числа бракованных изделий, числа дефектов и т.д.;
- для анализа значений показателей качества, таких как размеры, масса, механические характеристики, химический состав, выход продукции и др. при контроле готовой продукции, при приемочном контроле;
- для анализа качества услуг и т.д.;
- для анализа возможностей ТП, работы отдельных исполнителей и станков и т.д.

Обычно при построении гистограммы весь диапазон измеренных значений случайной величины разбивают на некоторое число интервалов и для каждого интервала подсчитывают количество значений, попавших на данный интервал (частоту). Далее строят прямоугольники, высоты которых пропорциональны соответствующим частотам. В результате получают ступенчатую фигуру, верхний контур которой приблизительно соответствует графику плотности распределения исследуемой величины (рис. 2.1). Гистограммы достаточно удобны для визуальной оценки качества процесса. При этом обычно на шкале значений наблюдаемого параметра отмечают нижнюю и верхнюю границы поля допуска НГД и ВГД. Если вся гистограмма оказывается внутри гра-

ниц поля допуска, то процесс статистически устойчив и не требует никакого вмешательства.

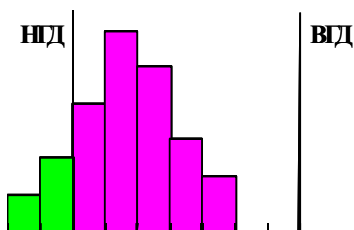


Рис. 2.1. Применение гистограмм для оценки качества процесса

С помощью гистограммы (полигона) можно установить теоретический закон распределения, которому в наилучшей степени соответствует эмпирическое распределение данного фактора, найти параметры этого теоретического распределения.

Основным достоинством гистограммы является то, что анализ ее формы и расположения относительно границ поля допуска дает много информации об изучаемом процессе без выполнения расчетов. Для получения такой информации из исходных данных необходимо выполнить достаточно сложные расчеты. Гистограмма позволяет оперативно выполнить предварительный анализ процесса (выборки) исполнителю первой линии (оператору, контролеру и др.) без математической обработки результатов измерений.

Анализ гистограммы позволяет сделать заключение о состоянии процесса.

Определение показателей описательной статистики и построение гистограммы с помощью табличного редактора Microsoft Excel

Пример. Рассмотрим массив значений, который отображает процентное содержание углерода в стали марки Ст3пс. Для этого выделяем (рис. 2.2) данные (столбец А отображает процентное содержание углерода, столбец В отображает количество наблюдений, в которых было соответствующее содержание исследуемого элемента). Далее необходимо нажать на соответствующую пиктограмму, и в соответствии с указаниями мастера диаграмм создаётся гистограмма (рис. 2.3). Внешний вид диаграммы можно изменить. Для этого нажимаем правой клавишей мыши по области диаграммы и выбираем подменю «**Параметры диаграммы**».

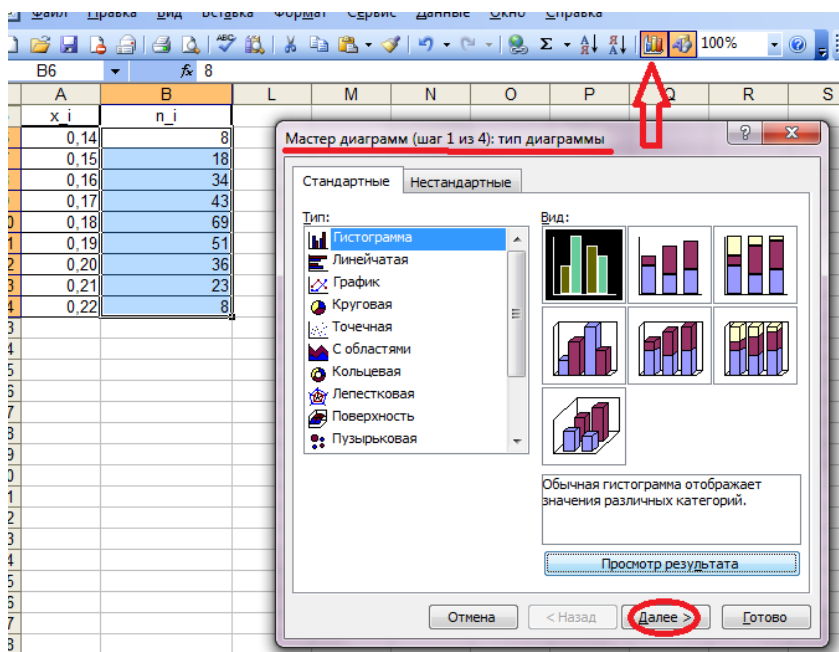


Рис. 2.2. Диалоговое окно

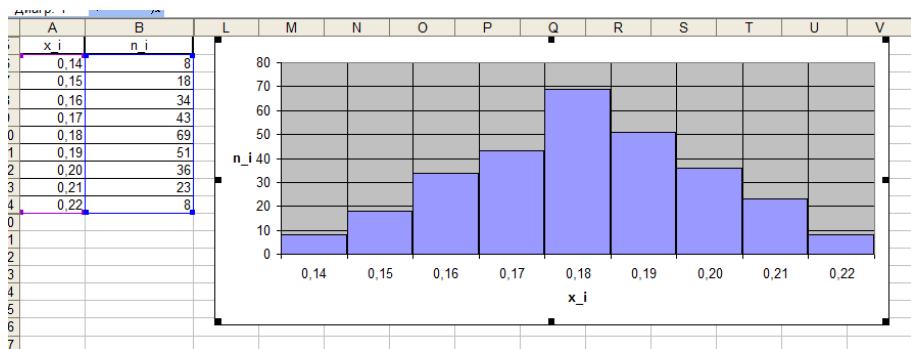


Рис. 2.3. Гистограмма

Для определения характеристик описательной статистики в меню **Сервис** (рис. 2.4) выбираем **Анализ данных**, в появившемся диалоге следует выбрать подходящий модуль анализа. В данном случае **Описательная статистика**.

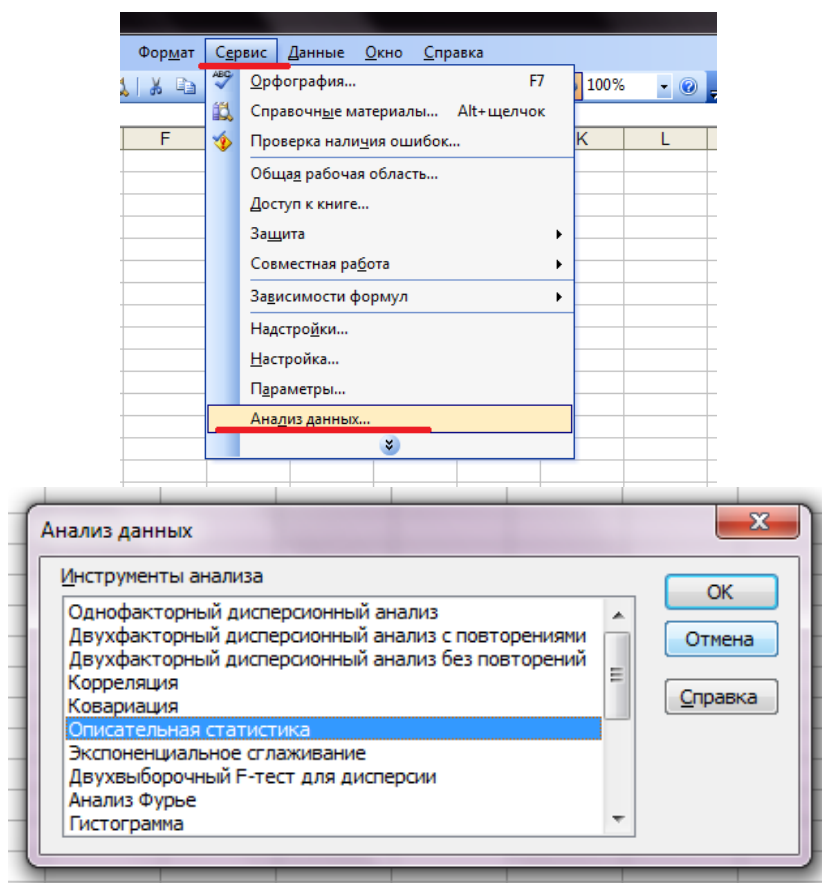


Рис. 2.4. Диалоговое окно

На выходе получаем следующую таблицу (рис. 2.5).

Алгоритм определения показателей описательной статистики с использованием программного комплекса SPSS

После запуска программы необходимо открыть окно, в которое будут вводиться данные. Чтобы произвести необходимые расчеты, необходимо после открытия программы в выплывшем окне поставить галочку напротив «Новый набор данных» («Ввести данные») и нажать «ОК» (рис. 2.6).

Столбец1	
Среднее	32,22222222
Стандартная ошибка	6,769576094
Медиана	34
Мода	8
Стандартное отклонение	20,30872828
Дисперсия выборки	412,4444444
Эксцесс	-0,313381371
Асимметричность	0,491074986
Интервал	61
Минимум	8
Максимум	69
Сумма	290
Счет	9
Уровень надежности(95,0%)	15,61067045

Рис. 2.5. Получаемые результаты

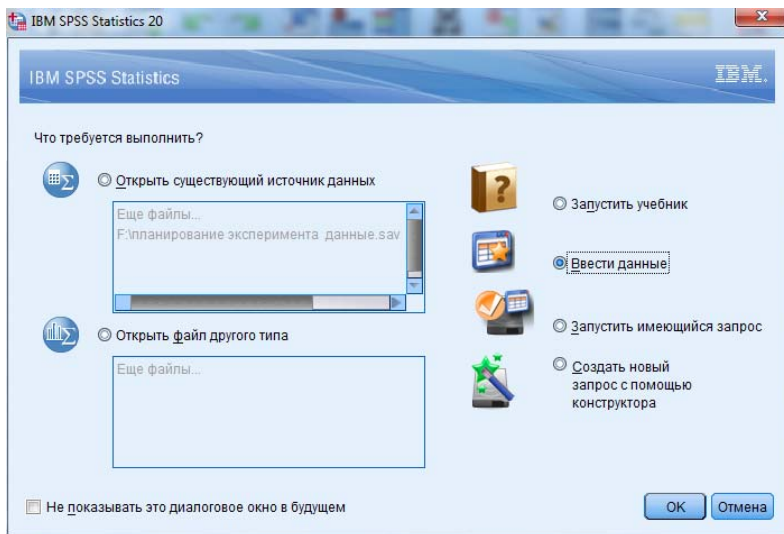


Рис. 2.6. Диалоговое окно IBM SPSS Statistics

Далее откроется окно редактора данных. Для ввода массива данных необходимо нажать на вкладку **«Представление данных»** и ввести массив (рис. 2.7).

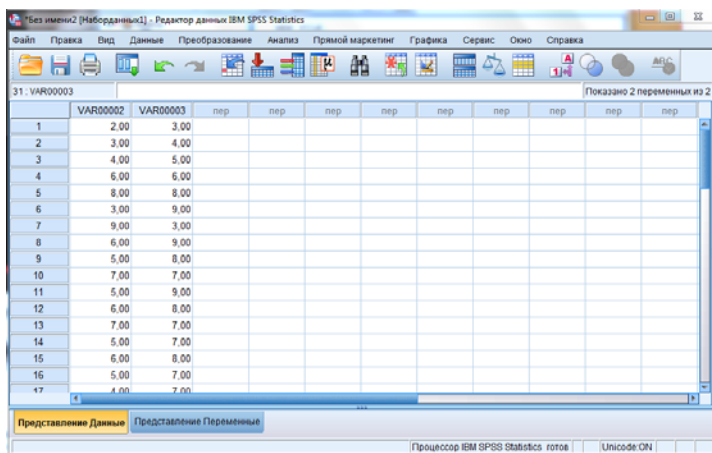


Рис. 2.7. Окно редактора данных

Название переменных можно изменять во вкладке внизу путем нажатия на **Представление Переменные** или на **Переменные** (в зависимости от версии программы). Изменить название можно путем нажатия на соответствующую ячейку (рис. 2.8) с последующим ее переименованием (например, из VAR00001 можно переименовать на **x** или **y**). После переименования необходимо нажать на кнопку **«Представление данных»** внизу окна. Таким образом Вы вернетесь к исходным данным.

	Имя	Тип
1	VAR00001	Числовой
	Имя	Тип
1	x	Числовая
2	y	Числовая

Рис. 2.8. Вкладка по изменению переменных

Чтобы определить статистические характеристики, а именно: среднее арифметическое значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, сумму значений, максимум и минимум, необходимо открыть в верхнем меню (рис. 2.9) диалоговые окна «Анализ» – «Описательные статистики» – «Описательные».

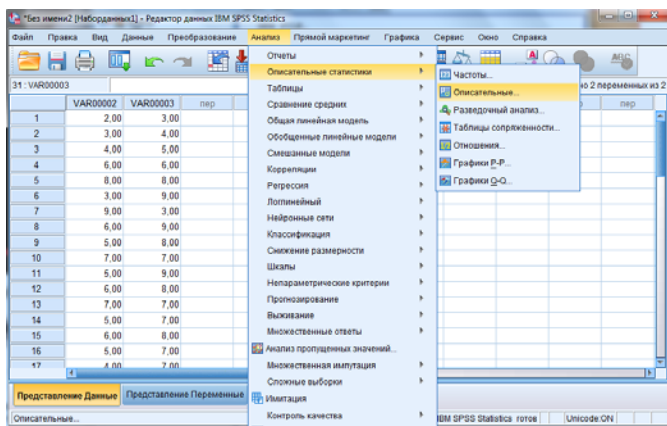


Рис. 2.9. Диалоговое окно для определения характеристик

Во всплывающем окне «Описательные статистики» из левого окошка необходимо переместить нужные переменные в правое окошко с помощью стрелки (то есть нажать на переменную, а затем нажать на стрелку). В всплывающем окне (рис. 2.10) необходимо нажать на клавишу «Параметры».

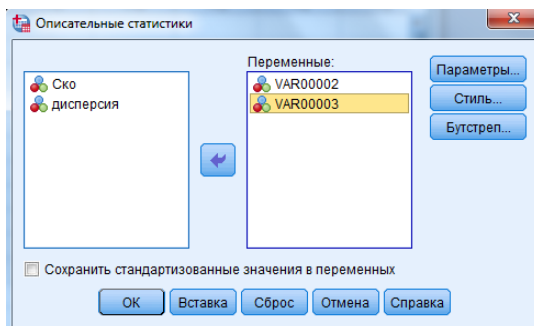


Рис. 2.10. Диалоговое окно «Описательная статистика»

На экране загорается окно (рис. 2.11), на котором галочками отмечаются статистические характеристики, которые необходимо определить, и нажимаются сначала «Продолжить», а затем «ОК».

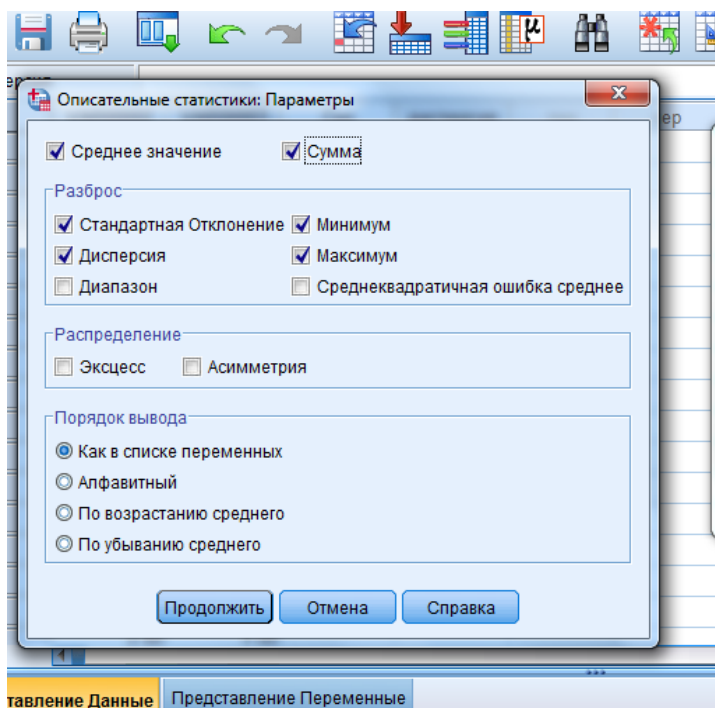


Рис. 2.11. Диалоговое окно «Описательные статистики: Параметры»

После этих действий на экран всплывёт окно вывода, на котором будут показаны все рассчитанные программой характеристики. Из этого окна можно скопировать любую информацию (таблицы, рисунки, графики), чтобы вставить ее, например, данные в Excel или Word.

Порядок построения гистограммы с использованием статистического пакета SPSS

Чтобы по имеющимся данным построить гистограмму, необходимо после открытия программы, в выплывшем окне нажать на кнопку «Новый набор данных» («Ввести данные») и нажать «ОК» (рис. 2.12).

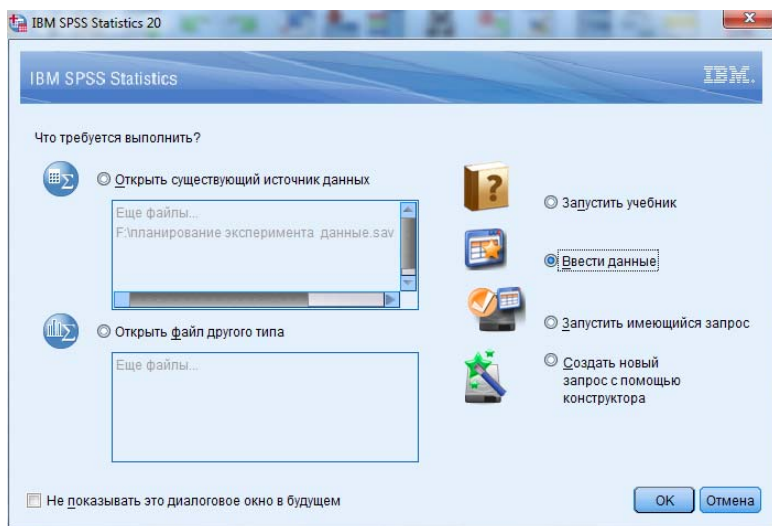


Рис. 2.12. Диалоговое окно IBM SPSS Statistics

Откроется окно редактора данных (рис. 2.13). Для ввода массива данных необходимо нажать на **«Представление данные»** и ввести массив.

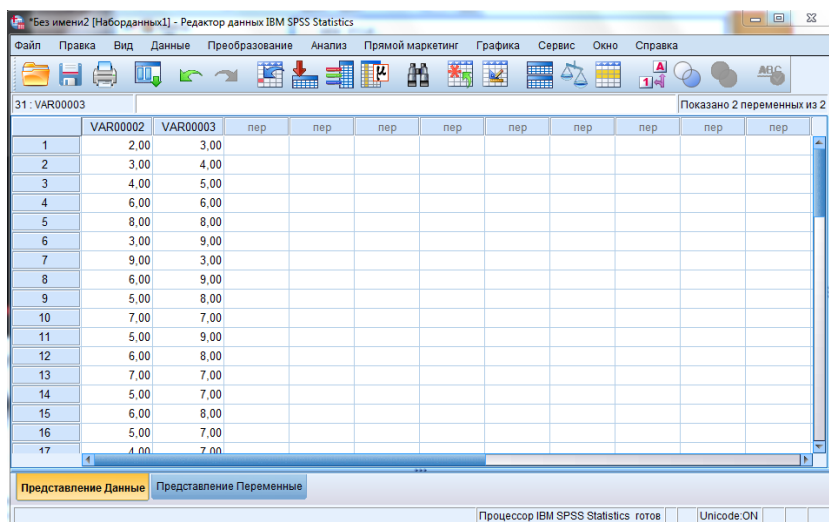


Рис. 2.13. Окно редактора данных

Название переменных можно изменять во вкладке внизу путем нажатия на **Представление Переменные** или на **Переменные** (рис. 2.14.) в зависимости от версии программы. Изменить название можно путем нажатия на соответствующую ячейку с последующим ее переименованием, например, из VAR00001 можно переименовать в x или y.

	Имя	Тип
1	VAR00001	Числовой

	Имя	Тип
1	x	Числовая
2	y	Числовая

Рис. 2.14. Изменение переменных во вкладке

Чтобы построить гистограмму, нужно открыть в верхнем меню (рис.2.15) программы: «Описательные статистики» – «Разведочный анализ», как показано ниже.

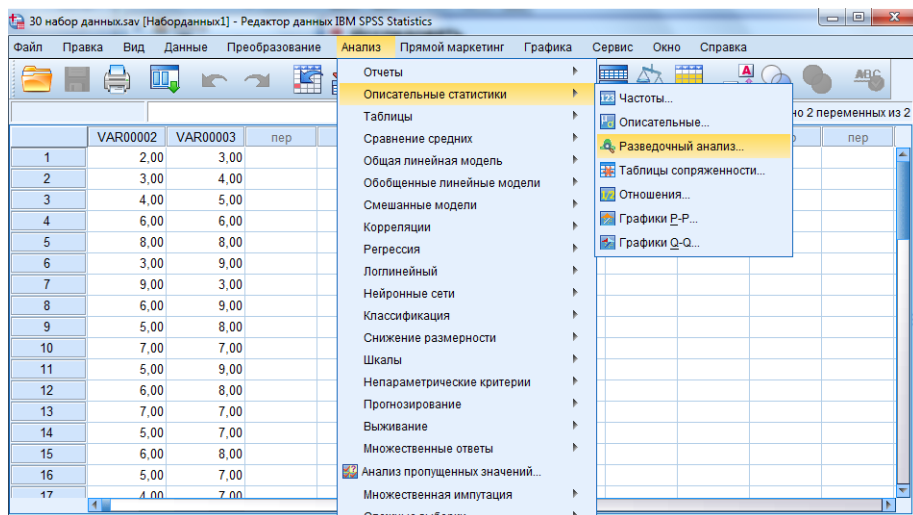


Рис. 2.15. Диалоговое окно

Затем выбрать нужные данные и перенести с помощью стрелки в верхнюю часть (рис. 2.16).

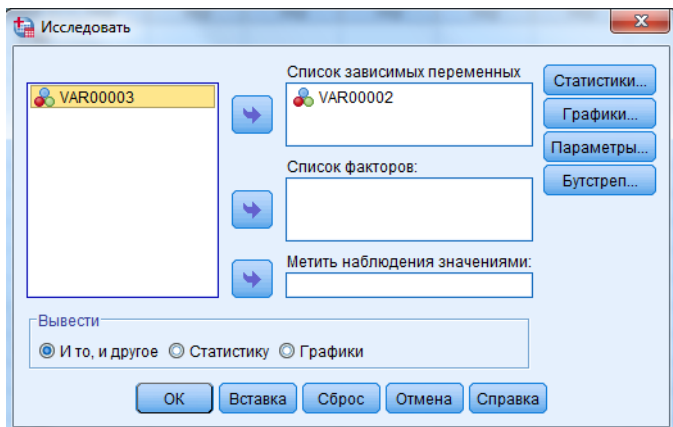


Рис. 2.16. Перенос данных в верхнюю часть

Затем открыть **Графики...** и поставить галочки напротив: **«Графики и критерии для проверки нормальности»** и **«Гистограмма»**. Нажать последовательно **«Продолжить»** и **ОК**. Все эти действия показаны на рис. 2.17 и 2.18.

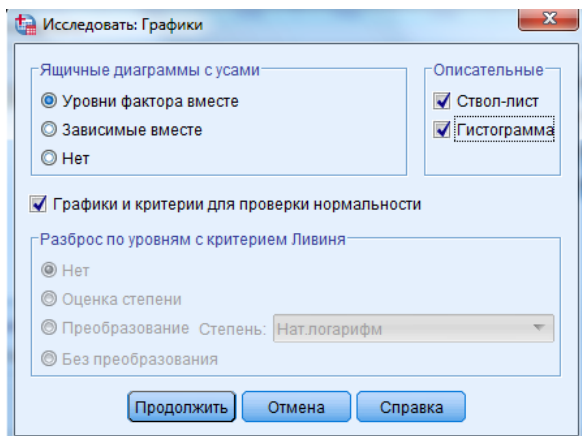


Рис. 2.17. Диалоговое окно «Исследовать: Графики»

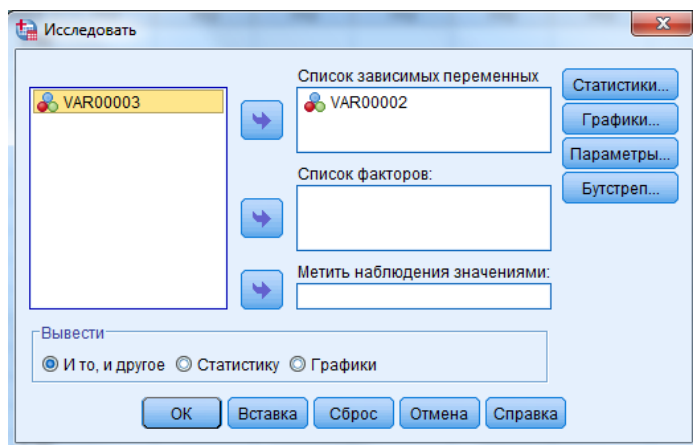


Рис. 2.18. Диалоговое окно «Исследовать»

В результате всплывёт окно вывода (рис. 2.19), в котором будет построена гистограмма.

VAR00002

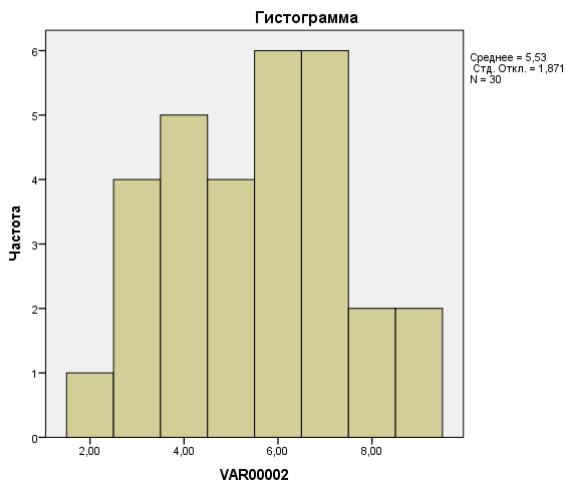


Рис. 2.19. Окно вывода гистограммы

Задание на выполнение работы и содержание отчета

1. По полученной статистической совокупности, состоящей из 100 значений, определить основные показатели описательной статистики (среднее арифметическое значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, моду, медиану, размах).

2. Выполнить построение с помощью табличного редактора Microsoft Excel и статистического пакета SPSS гистограммы.

3. Проанализировать построенную гистограмму. Какие меры необходимы для стабилизации технологического процесса?

Отчет должен содержать:

- задание преподавателя (100 значений);
- основные формулы, определяющие среднее арифметическое значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, моду, медиану, размах;
- таблицу с результатами вычислений;
- гистограмму, построенную с помощью табличного редактора Microsoft Excel и статистического пакета SPSS;
- анализ построенной гистограммы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.

«Законы надежности. Критерии согласия»

Цель работы:

- ознакомление с показателями надежности;
- изучение основных законов надежности;
- ознакомление с основными критериями согласия;
- освоение технологии статистической проверки характера распределения с помощью табличного редактора Microsoft Excel.

Краткие теоретические сведения

Надежность – это свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров.

Надежность является одним из основных свойств продукции. Чем ответственнее функции продукции, тем выше должны быть требования к надежности. Недостаточная надежность изделия приводит к большим затратам на ремонт и поддержание их работоспособности в эксплуатации. Надежность изделий во многом зависит от условий эксплуатации: влажности, механических нагрузок, температуры, давления и др.

Надежность изделия в зависимости от назначения и условий его применения включает следующие свойства: *безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость*. Важным свойством является *безотказность*.

Показатели безотказности

Безотказность – это вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникает.

Основными показателями безотказности являются:

1. *Вероятность безотказной работы* – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникает

$$P(t) = \frac{N_p}{N},$$

где N_p – количество работоспособных изделий после времени работы t ;
 N – число изделий, запущенных в работу.

2. *Вероятность отказа* изделия, отказавших за время t от общего числа изделий, поставленных на испытание

$$Q(t) = \frac{n}{N},$$

где n – число отказавших изделий.

3. *Функция плотности распределения*

$$f(t) = \frac{\Delta n}{N \cdot \Delta t} \text{ – для опытно- статистической задачи.}$$

В случае, если известна аналитическая зависимость для функции вероятности отказа $Q(t)$, то функцию плотности распределения можно определить из выражения $f(t) = \frac{dQ(t)}{dt}$ – для вероятностной задачи.

Вероятности отказов и безотказной работы в функции плотности $f(t)$ выражаются зависимостями

$$Q(t) = \int_0^t f(x) \cdot dt; \text{ при } t = \infty \quad Q(t) = \int_0^t f(t) \cdot dt = 1;$$

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(x) \cdot dt = \int_0^{\infty} f(t) \cdot dt.$$

4. *Интенсивность отказов* – вероятность отказа неремонтируемого изделия в единицу времени после данного момента времени при условии, что отказ до этого момента не возник. В отличие от плотности распределения относится к числу объектов N_p , оставшихся работоспособными, а не к общему числу объектов, $\lambda(t) = \frac{\Delta n}{N_p \cdot \Delta t}$ (для опытно-статистической задачи) и в вероятностной

трактовке, учитывая, что $P(t) = \frac{N_p}{N}$.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}.$$

5. Средняя наработка до отказа

$$T_{0=\frac{\sum_{\tau=1}^n T_{\tau}}{n}} - \text{для опытно-статистической задачи.}$$

Оценить значение средней наработки до отказа в опытно-статистической задаче можно также по формуле

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N_{отк.}} t_i + N_p \cdot T_{исп.}}{N},$$

где $N_{отк.}$ – число изделий, отказавших за время испытания $T_{исп.}$;

t_i – наработка каждого отказавшего изделия;

N_p – число изделий, безотказно проработавших в течение времени испытаний $T_{исп.}$

Для вероятностной задачи

$$T_0 = \int_0^{\infty} P(t) \cdot dt,$$

т.е. средняя наработка до отказа численно равна площади под функцией надежности.

6. Дисперсия случайной величины.

Является математическим ожиданием квадрата отклонения этой величины от ее математического ожидания. Слово дисперсия означает рассеяние и характеризует разброс случайной величины

$$D = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_1^N (t_i - T_0)^2.$$

Дисперсия имеет размерность квадрата случайной величины. Более удобно пользоваться характеристикой рассеяния, имеющей ту же размерность, что и случайная величина. С этой целью была введена характеристика – среднее квадратическое отклонение.

7. Среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{D}.$$

8. Коэффициент вариации.

Данный коэффициент используется для оценки рассеяния с помощью безразмерной величины

$$V = \frac{\sigma}{T_0}.$$

Законы надежности

Экспоненциальный закон

При экспоненциальном законе распределения интенсивность отказов является величиной постоянной, т.е. справедливо условие $\lambda(t) = \lambda = const$. Тогда зависимость между основными количественными характеристиками надежности будут выражены формулами:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) \cdot dt} = e^{-\lambda t},$$

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda t},$$

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}.$$

Средняя наработка до отказа (математическое ожидание наработки до отказа)

$$T_0 = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} \cdot dt = \frac{1}{\lambda}.$$

Дисперсия наработки до отказа определяется из выражения

$$D(t) = \int_0^{\infty} \left(t - \frac{1}{\lambda}\right)^2 \lambda \cdot e^{-\lambda t} \cdot dt = \frac{1}{\lambda^2}.$$

Среднеквадратичное отклонение наработки до отказа

$$\sigma = \sqrt{D} = \frac{1}{\lambda} = T_0.$$

Таким образом, при экспоненциальном законе среднеквадратичное отклонение времени возникновения отказов равно среднему времени безотказной работы.

В случае, когда интересующее нас время работы во много раз меньше средней наработки до отказа ($t \ll T_0$), можно вместо основных формул использовать приближенные выражения, получаемые в результате разложения функций в ряд и выбрасывания членов второго и выше порядка

$$p(t) = 1 - \lambda t;$$

$$Q(t) = \lambda t.$$

Нормальный закон

В теории вероятностей доказывается, что сумма достаточно большого числа независимых или слабозависимых случайных величин, подчиненных каким угодно законам распределения приближенно подчиняются нормальному закону.

Нормальному закону подчиняется:

- наработка до отказа восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий;
- погрешности технологических операций и измерений;
- отказы из-за износа и старения.

В отличие от других законов, которые применяются только для положительных непрерываемых случайных величин, нормальное распределение применимо для всех величин, которые могут быть положительными или отрицательными.

Плотность распределения при нормальном законе

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t - T_0)^2}{2\sigma^2}}.$$

Данное распределение имеет два неизвестных параметра:

T_0 – средняя наработка до отказа; σ – среднеквадратичное отклонение.

График зависимости плотности распределения от времени характеризуется кривой Гаусса (рис. 3.1).

Для кривой характерно, что практически вся площадь под ней (99,72 %) расположена на интервале $T + 3\sigma$ (правило трех сигм). Максимум функции лежит в точке $t = T_0$

$$f_{\max}(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} = \frac{0,399}{\sigma}.$$

Физически это означает, что вероятность отказа изделия до момента $T_0 \pm 3\sigma$ очень мала. Соответственно вероятность безотказной работы за время после $T \pm 3\sigma$ также мала.

$$P(T_0 + 3\sigma) = 0,0014.$$

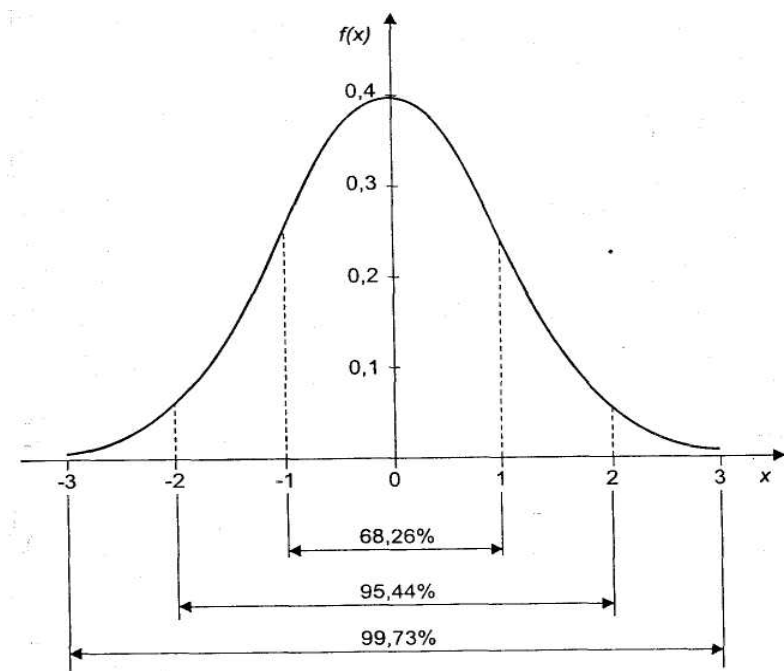


Рис. 3.1. Кривая нормального распределения Гаусса

Вероятность отказа

$$Q(t) = \int_0^t f(t) dt = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(t-T_0)^2}{2\sigma^2}} dt.$$

Величина $U = \frac{(t-T)}{\sigma}$ называется коэффициентом вариации.

Отсюда $t = T + U\sigma$. Дифференцируя последнее выражение по U , получим:

$$\frac{dt}{dU} = \sigma,$$

тогда

$$Q(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{U^2}{2}} \sigma dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{U^2}{2}} dU = \int_0^t f(U) dU.$$

Значения для U , функции $f(U)$ и интеграла $Q(t)$ приводятся в Приложении 1. Значение $f(t)$ можно вычислить из формулы

$$f(t) = \frac{f(U)}{\sigma}.$$

Критерии согласия

Так как все предположения о характере того или иного распределения – это гипотезы, а не категорические утверждения, то они, естественно, должны быть подвергнуты статистической проверке с помощью так называемых *критериев согласия*. Критерии согласия, опираясь на установленный закон распределения, дают возможность установить, когда расхождения между теоретическими и эмпирическими частотами следует признать несущественными (случайными), а когда – существенными (неслучайными). Таким образом, критерии согласия позволяют отвергнуть или подтвердить правильность выдвинутой при выравнивании ряда гипотезы о характере распределения в эмпирическом ряду и дать ответ, можно ли принять для данного эмпирического распределения модель, выраженную некоторым теоретическим законом распределения.

Существует ряд критериев согласия. Чаще других применяют критерии Пирсона, Романовского и Колмогорова. Рассмотрим их.

Критерий согласия Пирсона (критерий хи-квадрат χ^2). Критерий предложен английским математиком Карлом Пирсоном (1857–1936) для оценки случайности (существенности) расхождений между частотами эмпирического и теоретического распределений. Критерий Пирсона определяется из следующей зависимости

$$\chi^2 = \sum_{\tau=1}^k \frac{(f_{\tau} - f_{\tau}^{'})^2}{f_{\tau}^{'}} ,$$

где k – число групп, на которые разбито эмпирическое распределение;

f_i – наблюдаемая частота признака в i -й группе;

$f_{\tau}^{'} -$ теоретическая частота, рассчитанная по предполагаемому распределению.

Для распределения χ^2 составлены таблицы, где указано критическое значение критерия согласия χ^2 для выбранного уровня значимости α и данного числа степеней свободы k (см. Приложение 2).

Уровень значимости α – вероятность ошибочного отклонения выдвинутой гипотезы, т.е. вероятность того, что будет отвергнута правильная гипотеза. В статистических исследованиях в зависимости от важности и ответственности решаемых задач пользуются следующими тремя уровнями значимости:

1) $\alpha = 0,10$, тогда $P = 0,90$; 2) $\alpha = 0,05$, тогда $P = 0,95$; 3) $\alpha = 0,01$, тогда $P = 0,99$.

Например, вероятность 0,01 означает, что в одном случае из 100 может быть отвергнута правильная гипотеза. В экономических исследованиях считается практически приемлемой вероятностью ошибки 0,05, т.е. в 5 случаях из 100 может быть отвергнута правильная гипотеза.

Кроме того, χ^2 -критерий, определяемый по таблице, зависит и от числа степеней свободы. Число степеней свободы k определяется из выражения

$$k = m - l - n,$$

где m – число групп в ряду распределения, n – число параметров в эмпирических распределениях, использованных для нахождения теоретических частот. Так, при нормальном распределении используется $n = 2$ ($\bar{x}, \sigma$).

Для оценки существенности расчетное значение $\chi^2_{расч}$ сравнивается с табличным $\chi^2_{табл}$. Если фактическое $\chi^2_{расч}$ оказывается меньше табличного $\chi^2_{табл}$, то гипотеза о выбранном законе принимается. А если соблюдается неравенство $\chi^2_{табл} > \chi^2_{расч}$, то гипотеза не принимается.

Используя критерий согласия χ^2 , необходимо соблюдать следующие условия:

- объем исследуемой совокупности должен быть достаточно большим ($N \leq 50$), при этом частота или численность каждой группы должна быть не менее 5. Если это условие нарушается, необходимо предварительно объединить маленькие частоты;
- эмпирическое распределение должно состоять из данных, полученных в результате случайного отбора, т.е. они должны быть независимыми.

Критерий Романовского c основан на использовании критерия χ^2 Пирсона, т.е. уже найденных значений χ^2 , и числа степеней свободы k :

$$c = \frac{|\chi^2 - k|}{\sqrt{2k}}.$$

Он весьма удобен при отсутствии таблиц для χ^2 .

Если $c < 3$, то расхождения между теоретическим и эмпирическим распределением случайны и гипотеза принимается. Если же $c > 3$, то не случайны и, соответственно, теоретическое распределение не может служить моделью для изучаемого эмпирического распределения.

Критерий Колмогорова λ основан на определении максимального расхождения между накопленными частотами эмпирических и теоретических распределений:

$$\lambda = \frac{D}{\sqrt{N}},$$

где D – соответственно максимальная разность между накопленными частотами ($f - f'$) эмпирического и теоретического рядов распределений;

N – число единиц в совокупности. Рассчитав значение λ , по таблице $P(\lambda)$ (см. табл. 3.1) определяют вероятность, с которой можно утверждать, что от-

клонения эмпирических частот от теоретических случайны. Вероятность $P(\lambda)$ может изменяться от 0 до 1. При $P(\lambda) = 1$ происходит полное совпадение частот, при $P(\lambda) = 0$ – полное расхождение.

Основное условие для использования критерия Колмогорова – достаточно большое число наблюдений.

Таблица 3.1 – Значение $P(\lambda)$ критерия Колмогорова

λ	$P(\lambda)$
0,45	0,987
0,50	0,963
0,55	0,922
0,60	0,864
0,70	0,711
0,75	0,627

Пример. Используя данные табл. 3.2, проверить правильность выдвинутой гипотезы о распределении призывников района по закону нормального распределения

Таблица 3.2 – Расчет величин для определения критериев согласия Пирсона χ^2 и Колмогорова λ

Рост, см	Частоты ряда распределения		F	F'	$D = F - F' $
	m	m'			
А	1	2	4	5	6
156–160	8	5	8	5	3
161–165	17	16	25	21	4
166–170	42	40	67	61	6
171–175	54	65	121	126	5
176–180	73	73	194	199	5
181–185	57	57	251	256	5
186–190	38	30	289	286	3
191–195	11	11	300	297	3

Сначала рассчитаем критерий Пирсона

$$\chi^2 = \sum_{\tau=1}^k \frac{(f_{\tau} - f_{\tau}^!)^2}{f_{\tau}^!} = 6,0.$$

Затем выберем уровень значимости $\alpha = 0,05$ и определим число степеней свободы k . В данном распределении 8 групп и число параметров эмпирического распределения $n = 2$, следовательно, $k = 8 - 1 - 2 = 5$. По табл. 1.9 найдем χ^2 : при $\alpha = 0,05$ и $k = 5$ критерий Пирсона $\chi^2 = 11,07$.

Так как $\chi^2_{расч} \leq \chi^2_{табл}$, с вероятностью 0,95 можно утверждать, что в основе эмпирического распределения призывников по росту лежит закон нормального распределения, т.е. выдвинутая гипотеза не отвергается, а расхождения объясняются случайными факторами.

Проверим выдвинутую гипотезу, используя критерий Романовского:

$$c = \frac{|\chi^2 - k|}{\sqrt{2k}} = \frac{|6,0 - 5|}{\sqrt{2 * 5}} = \frac{1}{3,16} = 0,3.$$

Так как $c < 3$, гипотеза не отвергается.

Критерий Романовского также подтверждает, что расхождения между эмпирическими и теоретическими частотами несущественны.

Рассмотрим теперь применение критерия Колмогорова λ . Как видно из табл. 3.2, максимальная разность между кумулятивными частотами равна 6, т.е. $D = |F - F'| = 6$. Следовательно, критерий Колмогорова

$$\lambda = \frac{D}{\sqrt{N}} = \frac{6}{\sqrt{300}} = 0,35.$$

По табл. 3.1 находим значение вероятности при $\lambda = 0,35$: $P(\lambda) = 0,9997$. Это означает, что с вероятностью, близкой к единице, можно утверждать, что гипотеза о нормальном распределении не отвергается, а расхождения эмпирического и теоретического распределений носят случайный характер.

Теперь, подтвердив правильность выдвинутой гипотезы с помощью известных критериев согласия, можно использовать результаты распределения для практической деятельности.

Статистическая проверка характера распределения с помощью табличного редактора Microsoft Excel

В работе 2 мы определили описательную статистику распределения содержания углерода в стали марки СтЗпс, представленную на гистограмме (рис. 2.3). Проверим, подчиняется ли рассматриваемая совокупность нормальному закону распределения. Для проверки этой гипотезы с применением критерия согласия Пирсона (χ^2 – критерия) и с принимаемым уровнем значимости $\alpha = 0,05$ составляем расчетную таблицу. В качестве первого и второго столбцов расчетной таблицы используем данные из таблицы (рис. 2.3). Далее определяем границы рассматриваемых интервалов. Фактически критерий согласия Пирсона изначально предполагает разбиение исследуемой случайной величины на определенные интервалы. Содержание углерода в стали не является дискретной величиной. Фактически оно (содержание) величина непрерывная. И может быть как 0,18359125 %, так и 0,180001 %. Приведенные в расчетной таблице значения x_i представляют собой округление до второго знака после запятой. При $x_i = 0,18$ %, например, фактическое значение содержания углерода может быть в пределах $0,175 \div 0,185$ % (пользуемся законами округления). Исходя из этих соображений, определим фактические границы интервалов $x_{i_min} \div x_{i_max}$ и занесем эти границы в 3-й и 4-й столбцы расчетной таблицы.

Следующий этап расчетов заключается в определении вероятности попадания нормальной случайной величины x с предполагаемыми средним значением $X_{cp} = 0,18$ % и среднеквадратичным отклонением $S = 0,0186$ % в заданные интервалы. Пользуясь современными математическими пакетами, это можно сделать в Excel, используя функция **НОРМРАСП**(x ; x_{cp} ; σ ; *Интегральная*).

Функция **НОРМРАСП**(x ; x_{cp} ; σ ; 1) возвращает вероятность того, что нормально распределенная случайная величина при среднем x_{cp} и среднеквадратичном σ окажется не больше значения x . Например, для нашего рассматриваемого случая вероятность того, что содержание в стали углерода, окажется не больше 0,155 %, равна $F(0,155) = P(X < 0,155) = \text{НОРМРАСП}(0,155; 0,18; 0,0186; 1) = 0,089$. Аналогично для содержания углерода 0,165 % имеем $F(0,165) = P(X < 0,165) = \text{НОРМРАСП}(0,165; 0,18; 0,0186; 1) = 0,210$. А вероятность того, что содержание углерода в стали окажется в пределах $0,16 \pm 0,005$ равна $F(0,165) - F(0,155) = 0,121$.

Пользуясь описанной выше функцией **НОРМРАСП**(x ; 0,18; 0,0186; 1) заполним 5–7 столбцы расчетной таблицы: $F(x < x_{i_min}) = \text{НОРМРАСП}(x_{i_min}; 0,18; 0,0186; 1)$ – вероятность того, что случайная величина окажется меньше ниж-

ней границы заданного интервала, $F(x < x_{i_max}) = \text{НОРМРАСП}(x_{i_max}; 0,18; 0,0186; 1)$ – вероятность того, что случайная величина окажется меньше верхней границы заданного интервала, $p_i = F(x < x_{i_max}) - F(x < x_{i_min})$ – вероятность попадания случайной величины в заданный интервал.

По второму столбцу подсчитаем общую сумму анализируемых наблюдений $n = \sum p_i = 290$, а по седьмому столбцу – общую сумму наблюдаемых вероятностей $\sum p_i = 0,984$. При неукоснительном использовании критерия согласия Пирсона общая сумма наблюдаемых вероятностей должна быть равна 1. В связи с этим введем еще одну величину – *предполагаемое общее количество испытаний* n^* . Эту величину предлагаем определять по формуле

$$n^* = \frac{n}{\sum p_i}.$$

Определим и внесем в расчетную таблицу предполагаемое общее количество испытаний $n^* = 290/0,984 = 295$.

Определим наблюдаемую χ^2 -статистику. Для этого в восьмой столбец расчетной таблицы внесем значения $n^* \cdot p_i$ (произведение n^* на значения седьмого столбца), в девятый – $p_i \cdot n^* \cdot p_i$ (разность значений второго и седьмого столбцов), в десятый – $(p_i \cdot n^* \cdot p_i)^2 / n^* \cdot p_i$ (квадрат значения в девятом столбце делим на значение восьмого). Сумма значений в десятом столбце и будет равна значению наблюдаемой χ^2 -статистики.

Наблюдаемое значение χ^2 -статистики в нашем случае равно 5.652. Теперь наблюдаемое значение χ^2 -статистики необходимо сравнить с критическим значением. Уровень значимости, как договорились выше, принимаем равным $\alpha = 0,05$. Количество степеней свободы равно количеству наблюдаемых интервалов 9 уменьшенному на количество определенных параметров (2, так как мы ранее определили для выборки среднее и среднеквадратичное отклонение) и на 1: $k = 9 - 2 - 1 = 6$.

Для уровня значимости $\alpha = 0.05$ и числа степеней свободы $k = 6$ по таблице (представлена в приложении) определяем критическое значение χ^2 -статистики. Вместо указанной таблицы можно использовать функции Excel ХИ2ОБР(α ; k). Функция Excel ХИ2ОБР(0,05; 6) даст нам критическое значение χ^2 -статистики для уровня значимости $\alpha = 0.05$ и числа степеней свободы $k = 6$. $\chi^2_{\text{крит. } 0.05, 6} = 12,6$. Условие $\chi^2_{\text{набл.}} \leq \chi^2_{\text{крит.}}$ ($5,7 < 12,6$) выполняется,

следовательно, гипотезу о нормальности закона распределения для исследуемой выборки отвергать нет основания. На рис. 3.2 представлена таблица, процесс заполнения которой подробно описан ранее.

E26											
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	X _{sr}	0,18									
3	S	0,0186									
4											
5	x _i	n _i	x _i min	x _i max	F(x _i min)	F(x _i max)	p _i	n*p _i	n - n*p _i	(n - n*p _i) ² /n*p _i	
6	0,14	8	=A6-(A7-A6)/2	=(A6+A7)/2	=НОРМРАСП(C6,\$B\$1,\$B\$2,1)	=НОРМРАСП(D6,\$B\$1,\$B\$2,1)	=F6-E6	=\$B\$17*G6	=B6-H6	=I6^2/H6	
7	0,15	18	=A6+A7)/2	=(A7+A8)/2	=НОРМРАСП(C7,\$B\$1,\$B\$2,1)	=НОРМРАСП(D7,\$B\$1,\$B\$2,1)	=F7-E7	=\$B\$17*G7	=B7-H7	=I7^2/H7	
8	0,16	34	=A7+A8)/2	=(A8+A9)/2	=НОРМРАСП(C8,\$B\$1,\$B\$2,1)	=НОРМРАСП(D8,\$B\$1,\$B\$2,1)	=F8-E8	=\$B\$17*G8	=B8-H8	=I8^2/H8	
9	0,17	43	=A8+A9)/2	=(A9+A10)/2	=НОРМРАСП(C9,\$B\$1,\$B\$2,1)	=НОРМРАСП(D9,\$B\$1,\$B\$2,1)	=F9-E9	=\$B\$17*G9	=B9-H9	=I9^2/H9	
10	0,18	69	=A9+A10)/2	=(A10+A11)/2	=НОРМРАСП(C10,\$B\$1,\$B\$2,1)	=НОРМРАСП(D10,\$B\$1,\$B\$2,1)	=F10-E10	=\$B\$17*G10	=B10-H10	=I10^2/H10	
11	0,19	51	=A10+A11)/2	=(A11+A12)/2	=НОРМРАСП(C11,\$B\$1,\$B\$2,1)	=НОРМРАСП(D11,\$B\$1,\$B\$2,1)	=F11-E11	=\$B\$17*G11	=B11-H11	=I11^2/H11	
12	0,20	36	=A11+A12)/2	=(A12+A13)/2	=НОРМРАСП(C12,\$B\$1,\$B\$2,1)	=НОРМРАСП(D12,\$B\$1,\$B\$2,1)	=F12-E12	=\$B\$17*G12	=B12-H12	=I12^2/H12	
13	0,21	23	=A12+A13)/2	=(A13+A14)/2	=НОРМРАСП(C13,\$B\$1,\$B\$2,1)	=НОРМРАСП(D13,\$B\$1,\$B\$2,1)	=F13-E13	=\$B\$17*G13	=B13-H13	=I13^2/H13	
14	0,22	8	=A13+A14)/2	=(A14+A15)/2	=НОРМРАСП(C14,\$B\$1,\$B\$2,1)	=НОРМРАСП(D14,\$B\$1,\$B\$2,1)	=F14-E14	=\$B\$17*G14	=B14-H14	=I14^2/H14	
15											
16	n= =СVMM(B6:B14)					Σ p _i = =СVMM(G6:G14)			shi2= =СVMM(J6:J14)		
17	n= =B16/G16										
18											

Рис. 3.2. Заполняемая таблица

На рис. 3.3 отображены результаты вычислений, представленных выше.

P19											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
X _{sr}	0,18										
S	0,0186										
x _i	n _i	x _i min	x _i max	F(x _i min)	F(x _i max)	p _i	n*p _i	n - n*p _i	(n - n*p _i) ² /n*p _i		
0,14	8	0,135	0,145	0,008	0,030	0,022	6,528768011	1,471231989	0,332		
0,15	18	0,145	0,155	0,030	0,089	0,060	17,53438087	0,5	0,012		
0,16	34	0,155	0,165	0,089	0,210	0,121	35,50602924	-1,5	0,064		
0,17	43	0,165	0,175	0,210	0,394	0,184	54,21568819	-11,2	2,320		
0,18	69	0,175	0,185	0,394	0,606	0,212	62,43026737	6,6	0,691		
0,19	51	0,185	0,195	0,606	0,790	0,184	54,21568819	-3,2	0,191		
0,20	36	0,195	0,205	0,790	0,911	0,121	35,50602924	0,5	0,007		
0,21	23	0,205	0,215	0,911	0,970	0,060	17,53438087	5,5	1,704		
0,22	8	0,215	0,225	0,970	0,992	0,022	6,528768011	1,5	0,332		
n= 290				Σ p _i = 0,984				shi2= 5,652			
n'= 295											

Рис. 3.3. Результаты вычислений

Задание на выполнение работы и содержание отчета

1. По полученной статистической совокупности, состоящей из 100 значений, определить основные показатели описательной статистики (среднее ариф-

метическое значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, моду, медиану, размах).

2. Выполнить построение с помощью табличного редактора Microsoft Excel и статистического пакета SPSS гистограммы

3. С использованием критерия Пирсона и с помощью табличного редактора Microsoft Excel проверить соответствие полученной статистической совокупности нормальному закону распределения случайной величины.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.

«Построение диаграммы разброса»

Цель работы:

- изучение методов исследования технологических процессов с помощью диаграммы разброса;
- ознакомление с порядком определения уравнения регрессии и линейного коэффициента корреляции с использованием статистического пакета SPSS.

Исследование технологических процессов с помощью диаграммы разброса

Диаграмма разброса (рассеивания) – инструмент, позволяющий определить вид и тесноту связи между парами соответствующих переменных.

Диаграмма разброса дает возможность выдвинуть гипотезу о наличии или отсутствии корреляционной связи между двумя случайными величинами. При наличии корреляционной зависимости между двумя факторами значительно облегчается контроль процесса с технологической, временной и экономической точек зрения. При этом можно осуществить контроль только одной (любой) из двух характеристик, а характер корреляционной зависимости, который определяется видом диаграммы разброса, дает представление о том, каким изменениям будет подвержен один из параметров при определенных изменениях другого. Анализируя диаграмму разброса, можно визуальным образом оценить связь между исследуемыми параметрами, а также с помощью специальных расчетов выявить имеющиеся зависимости (рассчитать коэффициент корреляции, определить уравнения линий регрессии и т.д.).

Существуют различные методы оценки степени корреляционной зависимости. Одним из них является метод вычисления коэффициента корреляции r .

$$r = \frac{\overline{XY} - \overline{X} \cdot \overline{Y}}{G_x \cdot G_y}.$$

Если $r = \pm 1$, это свидетельствует о наличии корреляционной зависимости, если $r = 0$, корреляционная зависимость отсутствует. Чем ближе коэффициент корреляции к единице, тем теснее зависимость между параметрами.

При наличии корреляционной зависимости причинный фактор оказывает очень большое влияние на характеристику, поэтому, удерживая этот фактор под контролем, можно достичь стабильности характеристики. Можно также определить уровень контроля, необходимый для требуемого показателя качества.

Взаимосвязь (корреляция) двух факторов может быть линейной (рис. 4.1) или нелинейной (рис. 4.2).

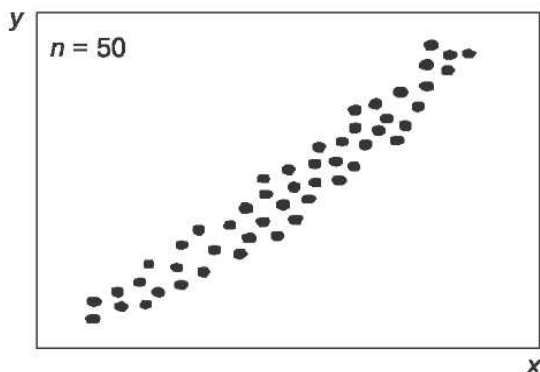


Рис. 4.1. Линейная корреляция

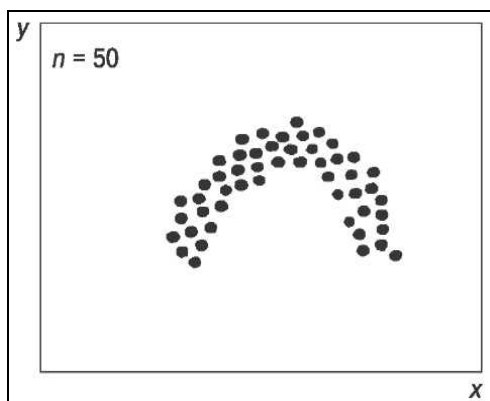


Рис. 4.2. Криволинейная корреляция

Для линейной зависимости, как известно, характерно прямопропорциональное изменение y при изменении x . Линейная зависимость является прямой,

если имеет место увеличение значений y при увеличении значений x . Если с ростом x значения y уменьшаются, зависимость между ними обратная.

При наличии связи малый разброс точек относительно их воображаемой средней линии свидетельствует о тесной связи y с x , большой разброс точек – о слабой (легкой) связи y с x .

После качественного анализа зависимости $y = f(x)$ по форме и расположению диаграммы рассеяния выполняют количественный анализ этой зависимости. При этом наиболее часто используют методы корреляционно-регрессионного анализа, с помощью которого можно получить наиболее объективную, количественную оценку степени тесноты и характера взаимосвязи между значениями изучаемых параметров y и x . Достоинством этих методов является также то, что достоверность их результатов поддается оценке.

Пример. По данным табл. 4.1 определить: а) уравнение регрессии; б) линейный коэффициент корреляции.

Таблица 4.1 – **Исходные данные**

X	Y	X ²	X*Y	Y ²
1,14	6,15	1,30	7,01	37,82
1,51	6,63	2,28	10,01	43,96
1,60	6,78	2,56	10,85	45,97
1,65	6,81	2,72	11,24	46,38
1,69	6,97	2,86	11,78	48,58
1,73	6,97	2,99	12,06	48,58
1,77	7,07	3,13	12,51	49,98
1,81	7,17	3,28	12,98	51,41
1,82	7,15	3,31	13,01	51,12
1,90	7,30	3,61	13,87	53,29
16,62	69,00	28,04	115,32	477,09

$$\begin{cases} 10a_0 + 16,62a_1 = 69 \\ 16,62a_0 + 28,04a_1 = 115,32, \end{cases}$$

$$a_0 = 4,34,$$

$$a_1 = 1,54.$$

Корреляционное уравнение будет иметь вид: $\bar{Y}_x = 4,34 + 1,54x$,

$$r = \frac{\overline{XY} - \overline{X} \cdot \overline{Y}}{G_x \cdot G_y},$$

$$G_x = \sqrt{\overline{X^2} - (\overline{X})^2} = \sqrt{2.804 - 1.662^2} = 0,205,$$

$$G_y = \sqrt{\overline{Y^2} - (\overline{Y})^2} = \sqrt{47,709 - 6.9^2} = 0,315,$$

$$r = \frac{11,532 - 1,662 \cdot 6,9}{0,205 \cdot 0,315} = \frac{0,0642}{-0,11} = -0,58.$$

Зависимость средняя, знак «-» свидетельствует о том, что зависимость убывает.

Порядок определения уравнения регрессии и линейного коэффициента корреляции с использованием статистического пакета SPSS

Пусть имеется пары чисел. Для того, чтобы вычислить коэффициент корреляции, запускается программа, открывается окно, в которое будут вводиться данные. Для этого в диалоговом окне ставится галочка напротив «Новый набор данных» («Ввести данные») и нажимается «ОК» (рис. 4.3).

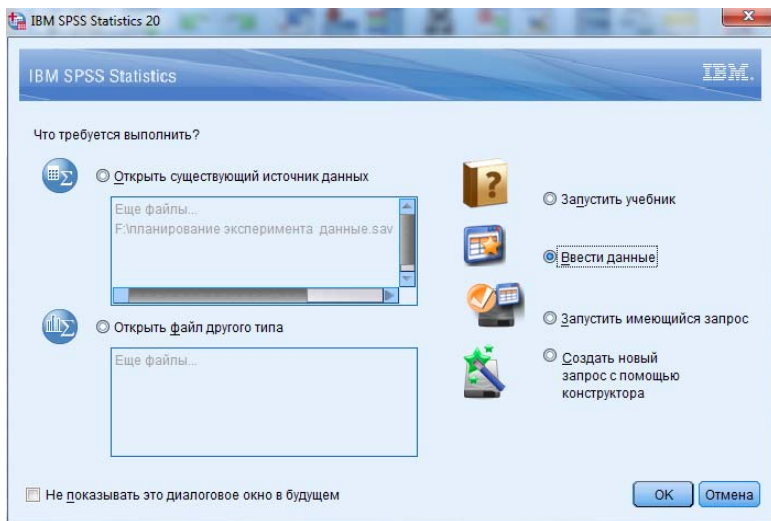


Рис. 4.3. Диалоговое окно IBM SPSS Statistics

Далее откроется окно редактора данных. Для ввода массива данных необходимо нажать на вкладку «**Представление данных**» и ввести массив (рис. 4.4).

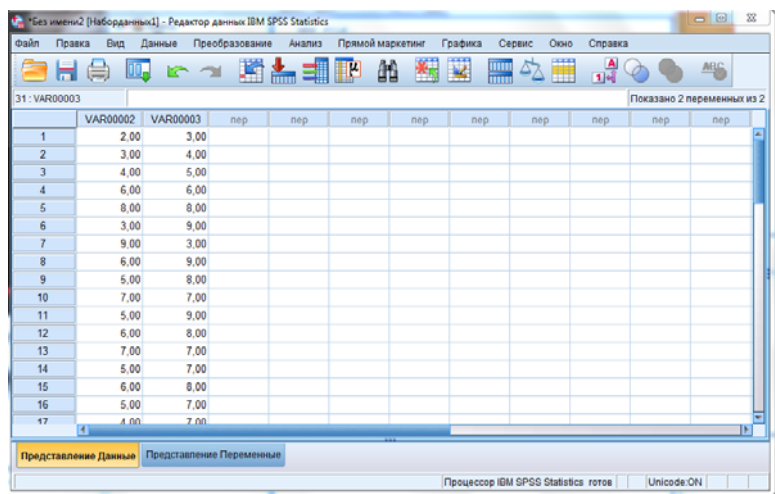


Рис. 4.4. Окно редактора данных

Название переменных можно изменять во вкладке внизу путем нажатия на **Представление Переменные** или на **Переменные** в зависимости от версии программы. Изменить название можно путем нажатия на соответствующую ячейку с последующим ее переименованием (рис. 4.5). (Например, из VAR00001 можно переименовать в x или y.) Для того, чтобы вернуться к исходному массиву данных, необходимо нажать на вкладку внизу окна «**Представление Данные**».

	Имя	Тип
1	VAR00001	Числовой

	Имя	Тип
1	x	Числовая
2	y	Числовая

Рис. 4.5. Ячейки для переименования переменных

Далее пусть имеется зависимость, например, в виде 10 пар значений **x** и **y**. Необходимо определить линейный коэффициент корреляции и коэффициенты

уравнения регрессии. Допустим, что данная зависимость имеет линейный характер.

Для определения коэффициентов линейного уравнения регрессии необходимо в диалоговое окно (рис. 4.6) ввести данные x и y (3, 4 и 5 столбец вводить необязательно).

	x	y	xx	xy	yy	пер
1	7,00	5,00	49,00	35,00	25,00	
2	9,00	7,00	81,00	63,00	49,00	
3	5,00	3,00	25,00	15,00	9,00	
4	9,00	5,00	81,00	45,00	25,00	
5	10,00	7,00	100,00	70,00	49,00	
6	10,00	6,00	100,00	60,00	36,00	
7	12,00	9,00	144,00	108,00	81,00	
8	14,00	10,00	196,00	140,00	100,00	
9	21,00	17,00	441,00	357,00	289,00	
10	22,00	16,00	484,00	352,00	256,00	
11						

Рис. 4.6. Диалоговое окно для ввода значений x и y

Для определения искоемых значений необходимо открыть диалоговые окна «Анализ – Корреляции – Парные» в главном меню программы (рис.4.7).

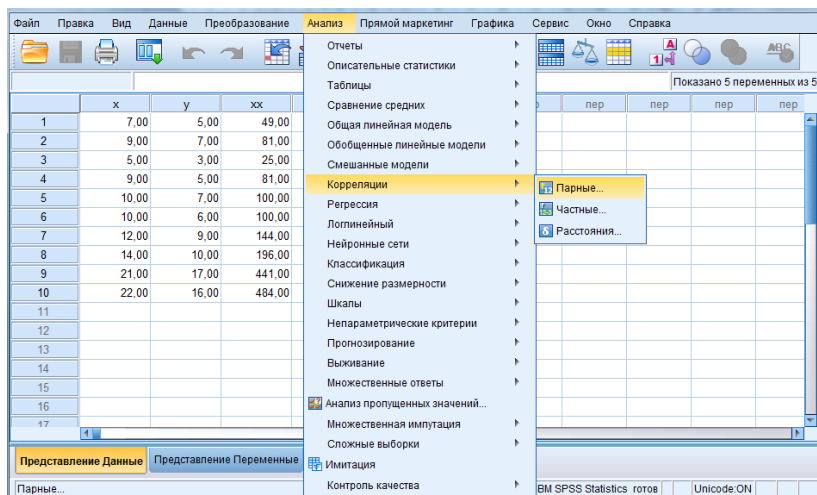


Рис. 4.7. Диалоговое окно для определения искоемых значений

После того как выйдет на экран диалоговое окно «**Парные корреляции**» (рис. 4.8), необходимо выбрать переменные **x** и **y** (нужно нажать на **x**, потом на стрелку  , потом на **y** и снова на стрелку  , пока обе переменные не окажутся в правом окне), поставить галочки перед коэффициентом корреляции «**Пирсона**» и на «**Метить значимые корреляции**». После этого нажать **ОК**.

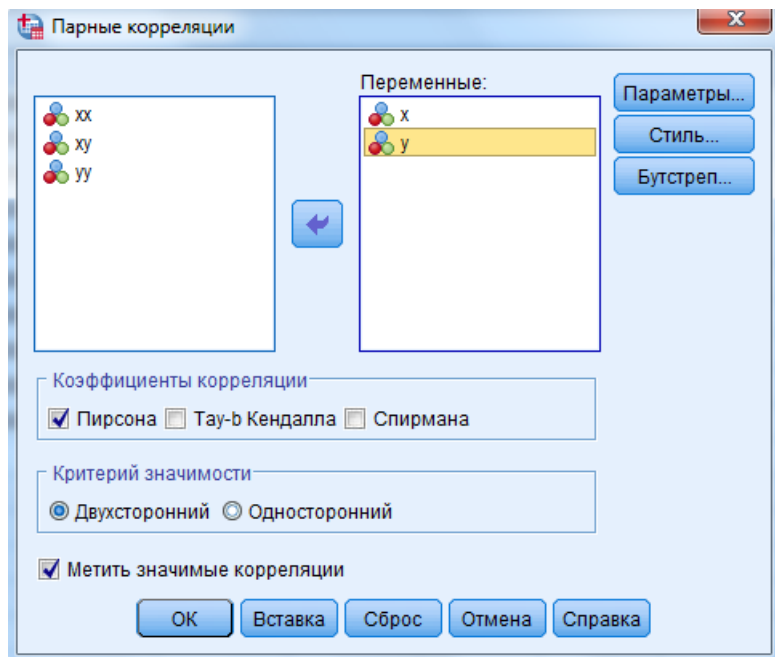


Рис. 4.8. Диалоговое окно «Парные корреляции»

После произведенных действий на экране откроется окно вывода данных и появится таблица (рис. 4.9), в которой будет подсчитанное значение линейного коэффициента корреляции. **N** – это количество учтённых переменных. Две звездочки** означает, что корреляция очень сильная.

Корреляции

		x	y
x	Корреляция Пирсона	1	,987**
	Знач. (двухсторонняя)		,000
	N	10	10
y	Корреляция Пирсона	,987**	1
	Знач. (двухсторонняя)	,000	
	N	10	10

** Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

Рис. 4.9. Окно вывода данных

Чтобы определить уравнение регрессии, необходимо нажать на диалоговые окна « **Анализ – Регрессия – Линейная** » (рис. 4.10).

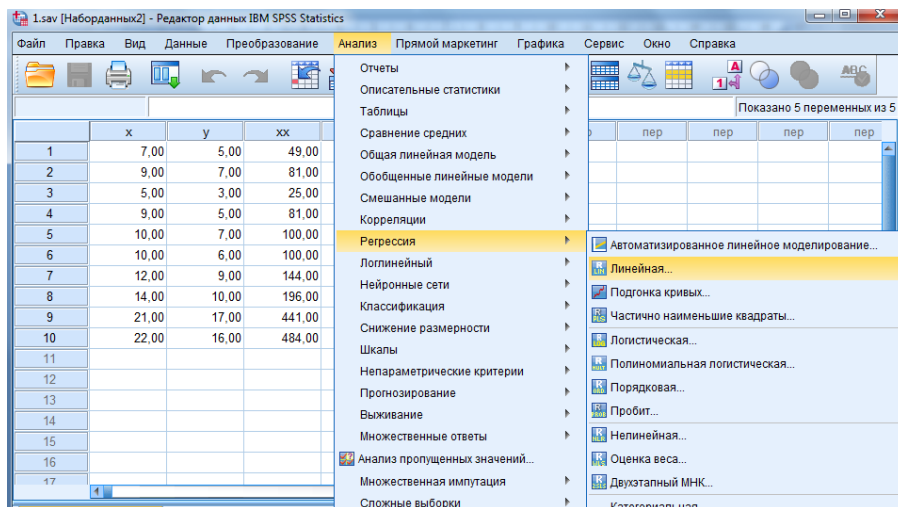


Рис. 4.10. Диалоговые окна для определения уравнения регрессии

Во всплывающем диалоговом окне (рис. 4.11) во вкладке «**Зависимые переменные**» стрелочкой устанавливается, прежде выбранная, переменная y , а во вкладке «**Независимые переменные**» – x и нажимаем **ОК**:

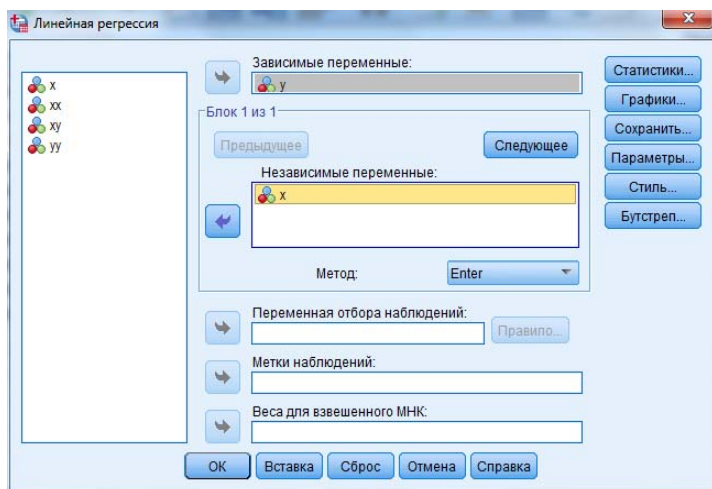


Рис. 4.11. Диалоговое окно «Линейная регрессия»

После произведенных действий на экране появится окно с таблицей результатов (рис. 4.12).

Коэффициенты^a

Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Знач.
		B	Стандартная Ошибка	Бета		
1	(Константа)	-1,253	,616		-2,026	,077
	x	,820			,81	,000

a. Зависимая переменная: y

Рис. 4.12. Таблица результатов

В графе B таблицы это коэффициенты корреляционного уравнения. Уравнение запишем так: $y = -1,253 + 0,820x$.

Задание на выполнение работы и содержание отчета

В табл.4.2 представлены данные взаимозависимости между содержанием (%) компонента А в некотором виде металлического сырья и твёрдостью по

шкале Роквелла. С помощью статистического пакета SPSS определить корреляционную взаимозависимость между процентным содержанием x и твёрдостью y .

Таблица 4.2 – Данные взаимозависимости между содержанием (%) компонента А в некотором виде металлического сырья и твёрдостью по шкале Роквелла

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x	3,9	6,5	3,7	4,5	5,0	5,8	3,3	6,2	3,6	3,9	5,1	6,4
y	56	55	43	55	46	54	42	63	48	45	50	58
№	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
x	4,2	4,9	6,0	5,4	4,4	3,8	6,7	4,6	4,3	6,3	5,2	6,4
y	50	54	52	50	60	53	63	51	45	60	48	61
№	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
x	6,2	5,5	2,7	2,8	5,4	5,8	6,6	5,3	4,2	4,3	4,0	5,4
y	56	46	41	43	58	60	61	55	46	53	51	56

Отчет должен содержать:

- задание преподавателя (36 значений);
- анализ существующих статистических данных;
- рассчитанное уравнение регрессии;
- подсчитанный линейный коэффициент корреляции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.

«Графики. Диаграмма Парето»

Цель работы:

- изучение методики построения графиков и диаграммы Парето;
- освоение порядка построения графиков с помощью табличного редактора Microsoft Excel;
- освоение порядка построения графиков и диаграммы Парето с помощью статистического пакета SPSS.

Использование графиков и диаграммы Парето в статистическом анализе

График – инструмент, позволяющий наглядно представить, облегчить понимание смысла и выявить закономерности данных, которым подчиняется рассматриваемая группа.

Графическое представление опытных данных придает наглядность и облегчает понимание закономерностей, которые эти данные отражают.

График дает возможность не только оценить состояние на данный момент, но и спрогнозировать более отдаленный результат по тенденции процесса, которую можно в нем обнаружить, а следовательно, наметить меры, которые могут предупредить ухудшение состояния или улучшить положительный результат. Различают следующие виды графиков:

а) график, выраженный ломаной линией, применяется для выражения временных изменений, например, изменение с течением времени доли дефектных изделий или процента выхода годных изделий. По оси ординат на таком графике откладывают значение соответствующей величины, а по оси абсцисс – время;

б) круговой график выражает соотношение составляющих какого-либо целого параметра и всего параметра в целом. Целое принимается за 100 % и выражается полным кругом. Составляющие выражаются в виде секторов круга и располагаются по кругу в направлении движения часовой стрелки, начиная с элемента, имеющего наибольший процент вклада в целое, в порядке уменьше-

ния процента вклада. Последним ставится элемент «прочие». На круговом графике легко выделить сразу все составляющие и их соотношение;

в) ленточный график используют для наглядного представления соотношения составляющих какого-то параметра и одновременно для выражения изменения этих составляющих с течением времени, например, для графического представления соотношения составляющих суммы выручки от продажи изделий по видам изделий и их изменения по месяцам (или годам); для представления причин дефектов и изменения их по месяцам и т. д.

Диаграмма Парето – это графическое представление степени важности причин или факторов, влияющих на исследуемую проблему.

Диаграмма позволяет установить основные факторы, с которых нужно начинать действовать с целью преодоления возникающих проблем, а также разделить проблемы качества на немногочисленные, но существенно важные, и многочисленные, но несущественные. В большинстве случаев подавляющее число дефектов и связанных с ним потерь возникают из-за относительно небольшого числа причин. Диаграмма Парето дает возможность отделить более значимые проблемы от менее значимых и добиться серьезных улучшений наименьшими усилиями.

В ее основе лежит правило Парето-80/20, применимое к самым различным ситуациям. Так 80 % простоев на предприятии обусловлена лишь 20 % проблем с оборудованием (из общей массы существующих проблем). Диаграмма Парето четко показывает, какие именно проблемы относятся к этим немногим.

Построение диаграммы Парето начинают с классификации возникающих проблем по отдельным факторам (проблемы, относящиеся к браку, или к работе оборудования, или к сырью и т.д.). Затем производят сбор статистического материала по каждому фактору и сводят данные в общую таблицу, располагая их по степени убывания зарегистрированной частоты появления. Далее строят столбиковую диаграмму, в которой столбики расположены в порядке убывания (высота каждого столбика пропорциональна частоте появления фактора). Последний столбик отражает группу «прочих» факторов и может оказаться немногим выше соседнего. Поэтому необходимо попытаться использовать какой-либо другой способ классификации (группировки) признаков. При этом может возникнуть необходимость в дополнительных исследованиях.

Высоты столбиков суммируют и строят кумулятивную (накопленную) ломаную, которую называют кривой Парето (рис. 5.1). Таким образом, на диа-

грамме Парето высота столбцов указывает на степень влияния каждого фактора на всю проблему в целом, а кривая Парето позволяет оценить изменение результата при устранении нескольких наиболее существенных факторов. После выявления проблемы путем составления диаграммы Парето по результатам составляют диаграмму Парето по причинам. Тогда появляется возможность определить причины возникновения проблемы и, следовательно, наметить пути устранения выявленной главной причины. Это позволяет найти наиболее эффективный способ решения проблемы.

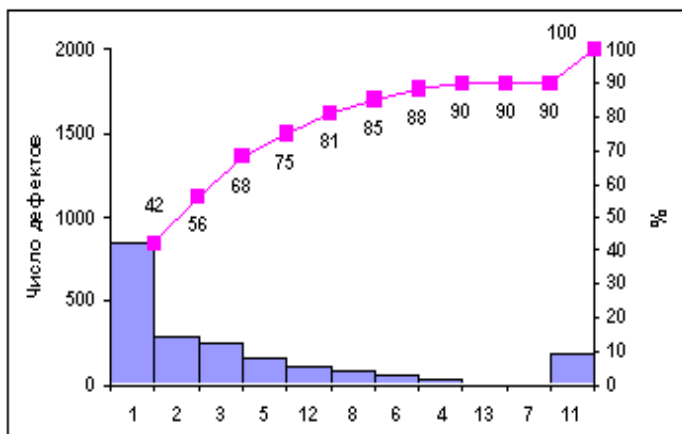


Рис. 5.1. Диаграмма Парето

В настоящее время диаграмма Парето широко используется для решения технических, экономических, организационных проблем при проектировании, производстве и эксплуатации машин. К числу наиболее характерных проблем в работе предприятия, для решения которых привлекают диаграмму Парето, относятся брак на различных операциях и в готовой продукции, простой оборудования из-за поломок или плохой организации производства, большие запасы готовой продукции на складе предприятия, поступление рекламаций, отказ постоянных партнеров (покупателей) от сотрудничества, задержки поставок сырья и полуфабрикатов, их низкое качество. С помощью диаграммы Парето анализируют также успехи в работе отдельных исполнителей, подразделений или фирм и пропагандируют их достижения. Для оценки эффективности мероприя-

тий по решению какой-либо проблемы строят повторные диаграммы Парето через некоторое время после внедрения мероприятий. Для анализа причин, породивших какую-либо проблему, рекомендуется строить несколько диаграмм Парето для различных групп факторов, влияющих на данный процесс, и различных показателей его протекания.

С помощью диаграмм Парето можно силами исполнителей, в том числе и рабочих, анализировать круг проблем. Например:

а) *Качество*: число случаев брака, виды его; потери от брака, по видам брака; дефекты комплектующих; затраты, связанные с рекламациями; причины простоев, аварий, поломок технологического оборудования, оснастки; причины несоблюдения технологической дисциплины.

б) *Себестоимость*: суммы по отдельным статьям производственной сметы; затраты на обеспечение качества в процессе производства; затраты на производство.

в) *Безопасность труда*: анализ причин несчастных случаев.

Порядок построения графиков с помощью табличного редактора Microsoft Excel

Пример. Отобразить при помощи линейного графика характер изменения размера ежегодной выручки от продажи изделий (табл. 5.1.), а также спрогнозировать тенденцию изменения выручки в ближайшие два года.

Таблица 5.1 – **Исходные данные**

Год	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Выручка, тыс. у.е.	777	852	767	866	838	927	923

Создаём новую книгу Excel. Вводим заголовок работы, а также исходные данные в соответствии с табл. 5.1, после чего строим линейный график. На первом шаге мастера диаграмм выбираем точечную диаграмму, на которой значения соединены отрезками. На втором шаге вводим диапазон данных. На третьем шаге вводим заголовки диаграммы и осей, основные линии сетки по осям, удаляем легенду. Полученную диаграмму редактируем при помощи контекстных меню (рис. 5.2).

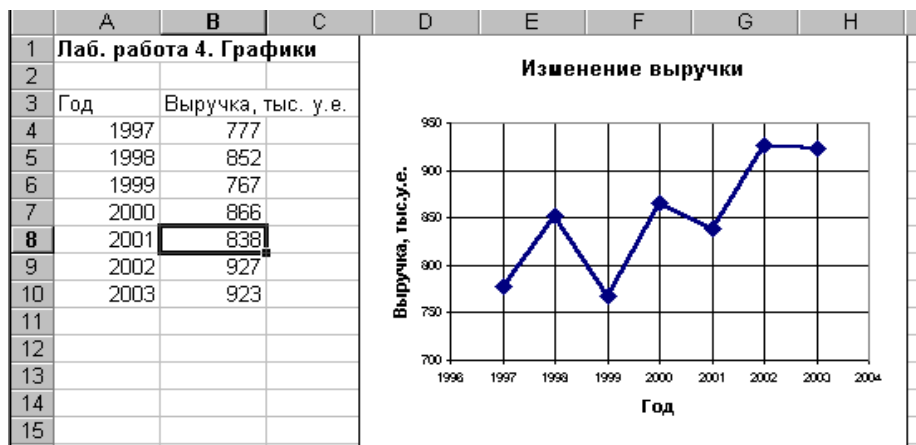


Рис. 5.2. Построение линейного графика для рассматриваемого примера

Характер изменения выручки, а также прогноз даёт линия тренда, построить которую можно, открыв контекстное меню на ломаной линии и выбрав команду *Добавить линию тренда*. В открывшемся диалоговом окне на вкладке Тип показаны возможные типы линии тренда. Чтобы выбрать тип линии, наилучшим образом аппроксимирующий данные, можно поступить следующим образом: поместить на диаграмме линии тренда всех приемлемых типов (т.е. линейную, логарифмическую, полиномиальную второй степени, степенную и экспоненциальную), задав для каждой линии на вкладке **Параметры** прогноз вперёд на две единицы и размещение на диаграмме величины достоверности аппроксимации. При этом после построения очередной линии величину достоверности аппроксимации R^2 (например, для линейного типа $R^2 = 0,6495$) указателем мыши целесообразно установить на свободное место диаграммы в ряд с остальными (рис 5.3).

Наибольшую достоверность аппроксимации даёт полиномиальная линия со степенью два ($R^2 = 0,6738$), которую и выбираем в качестве линии тренда. Для этого удаляем с диаграммы все линии тренда, после чего восстанавливаем полиномиальную линию второй степени (рис. 5.4).

По аппроксимирующей линии можно предположить, что выручка в ближайшие два года будет иметь тенденцию к возрастанию.



Рис. 5.3. Выбор типа линии тренда по величине достоверности аппроксимации



Рис. 5.4. Линейный график с аппроксимирующей линией в примере

Построение графиков и диаграммы Парето с помощью статистического пакета SPSS

Для построения диаграммы Парето необходимо ввести данные в меню программы (рис.5.5) числа дефектных изделий и процента числа дефектов, открыть «Анализ» – «Контроль качества» – «Диаграммы Парето». После этого необходимо вставить с помощью стрелочек данные исходные данные в нужные окошки, нажать «ОК».

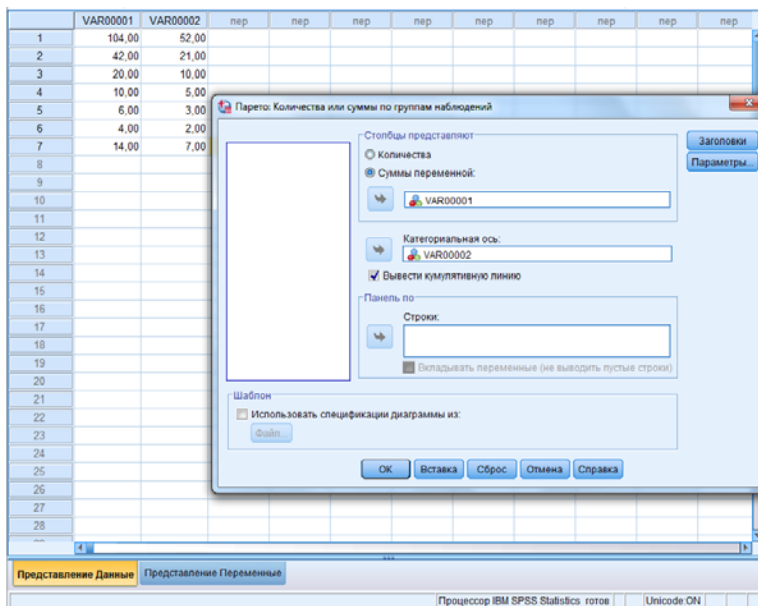


Рис. 5.5. Меню программы

В окне вывода (рис. 5.6) покажется следующий результат.

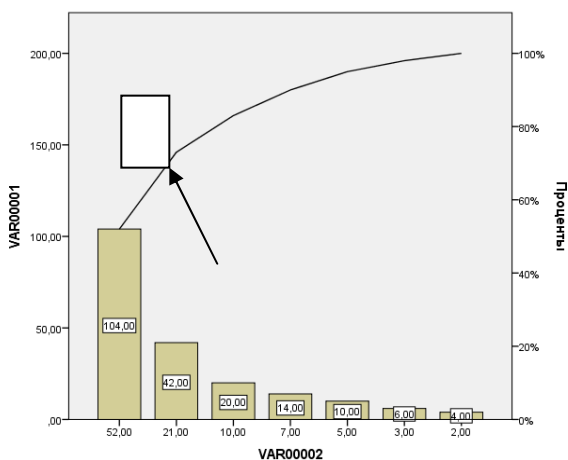


Рис. 5.6. Результат исследований

VAR1 – число дефектных изделий, а VAR2 – процент числа дефектов.

1 – кумулятивная (накопленная) кривая.

Чтобы изобразить круговой график, необходимо зайти в меню программы «Графика» – «Устаревшие диалоговые окна» – «Круг» (рис. 5.7) и выбрать в открывшемся окне «Значения отдельных наблюдений».

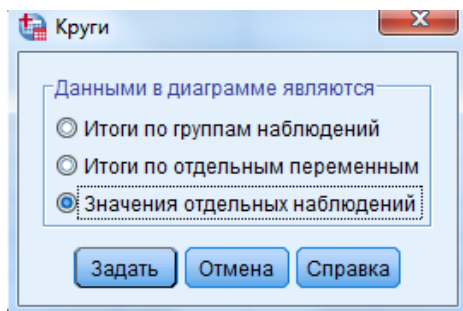


Рис. 5.7. Меню программы

В появившемся диалоговом окне (рис.5.8) вставить с помощью стрелок необходимые значения и нажать «ОК».

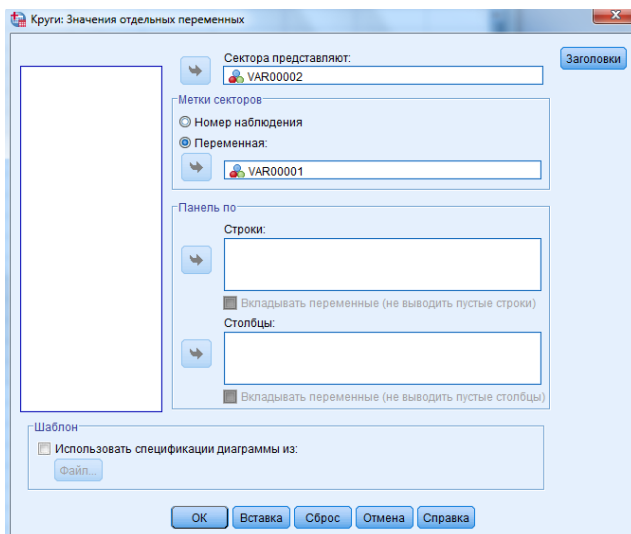


Рис. 5.8. Диалоговое окно

Для редактирования диаграммы (рис. 5.9) необходимо 2 раза щёлкнуть по результату в окне вывода. С помощью значка  обозначьте каждый сектор. Кроме того, здесь можно разделить круг на сектора (по желанию), а потом закрыть диалоговое окно «Редактор диаграмм».

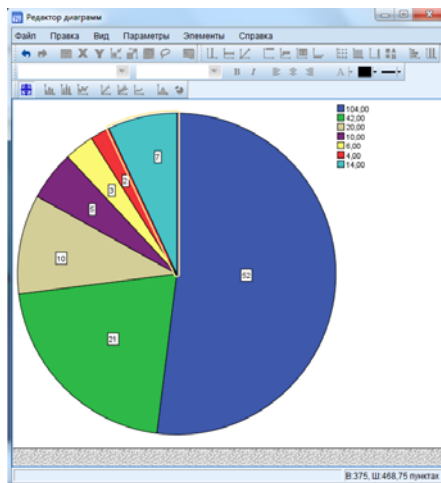


Рис. 5.9. Редактор программ

В итоге получится такая диаграмма в окне вывода (рис. 5.10), где цифры в секторах означают проценты.

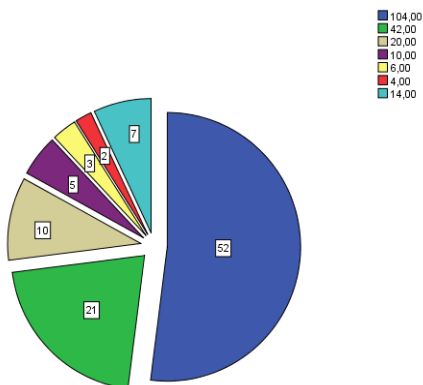


Рис. 5.10. Итоговая диаграмма

Задание на выполнение работы и содержание отчета

По данным табл. 5.2 необходимо построить диаграмму Парето и круговой график, выявить причины занижения наружного диаметра группы и провести по ним корректирующие мероприятия.

Таблица 5.2 – Данные по причинам занижения наружного диаметра

Причина	Число дефектов
Смещение копира	53
Неопытность оператора	11
Неточность рабочего инструмента	4
Устаревший чертёж	98
Ошибки в управлении станком	20
Неточность станка	8
Прочие	7

Отчет должен содержать:

- построенную диаграмму Парето;
- построенный круговой график;
- анализ построенных статистических инструментов;

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.

«Контрольные карты по количественным признакам»

Цель работы:

- ознакомиться с видами контрольных карт и методами их построения;
- изучить методику построения контрольных карт с помощью табличного редактора Microsoft Excel;
- изучить методику построения контрольных карт с помощью статистического пакета SPSS.

Виды контрольных карт и их построение

Контрольные карты используются для статистического контроля и регулирования технологического процесса. На контрольную карту наносят значения некоторой статистической характеристики (точки), рассчитываемые по данным выборок в порядке их получения, верхнюю и нижнюю контрольные границы K_v (или UCL) и K_n (или LCL), верхнюю и нижнюю границы технических допусков T_v и T_n (при их наличии), а также среднюю линию (CL). Иногда используют также предупредительные границы K_{np} . Для расчёта границ и построения контрольной карты используют обычно 20...30 точек. Пример контрольной карты представлен на рис. 6.1.

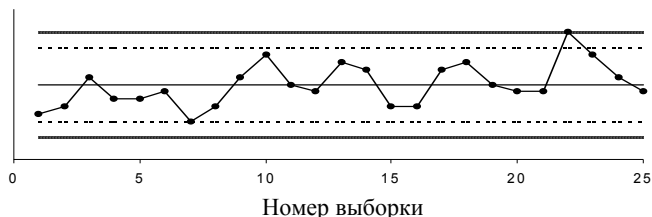


Рис. 6.1. Пример контрольной карты

По положению точек относительно границ судят о налаженности или разлаженности технологического процесса. Обычно процесс считают разлаженным в следующих случаях:

- некоторые точки выходят за контрольные пределы;
- серия из семи точек оказывается по одну сторону от средней линии.

Кроме того, если по одну сторону от средней линии находятся:

- а) десять из серии в одиннадцать точек;
- б) двенадцать из четырнадцати точек;
- в) шестнадцать из двадцати точек;

– имеется тренд (дрейф), т.е. точки образуют непрерывно повышающуюся или непрерывно понижающуюся кривую;

– две-три точки оказываются за предупредительными двухсигмовыми границами;

– приближение к центральной линии. Если большинство точек находится внутри полуторасигмовых линий, это значит, что в подгруппах смешиваются данные из различных распределений;

– имеет место периодичность, т.е. то подъём, то спад с примерно одинаковыми интервалами времени.

Контрольные границы шире поля допуска. В идеальном случае достаточно, чтобы контрольные границы составляли $\frac{3}{4}$ величины поля допуска.

Если процесс налажен (достигнута необходимая точность и стабильность), на контрольную карту продолжают наносить точки, но через 20...30 точек пересчитывают контрольные границы. Они должны совпадать с исходными границами. Если контрольная карта показывает, что процесс разлажен, находят причины разладки и производят наладку.

Бывают контрольные карты по количественным признакам (для непрерывных значений) и по качественным признакам (для дискретных значений). По количественным признакам используют в основном следующие контрольные карты:

- карта средних арифметических значений ($\bar{x}$ -карта);
- карта медиан ($\tilde{x}$ -карта);
- карта средних квадратичных отклонений (s-карта);
- карта размахов (R-карта);
- карта индивидуальных значений (x-карта).

Карта средних значений используется для контроля отклонения параметра от нормы и настройки на норму. Точки на контрольной карте – это средние значения небольших выборок, обычно одинакового объёма, из 3...10 элементов:

$$\bar{x}_i = \frac{x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}}{n},$$

где n – объём выборки (подгруппы).

Для получения выборок можно также использовать результаты измерений, проводившихся через одинаковые промежутки времени, путём разбиения их на группы.

Средние значения выборок находят с одним лишним знаком по сравнению с исходными данными. Среднюю линию рассчитывают как среднее из средних значений выборок:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k},$$

где k – число подгрупп (число точек). Обычно $k = 20 \dots 30$.

Контрольные границы рассчитывают по формуле

$$K_{B,H} = \bar{\bar{x}} \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}},$$

где $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2}{nk}}$ – среднее квадратичное отклонение всей совокупности данных. В этом выражении (как и при расчёте контрольных границ для других видов контрольных карт) коэффициент 3 используется, исходя из правила трёх сигм.

Карта медиан используется вместо карты средних значений, когда хотят упростить расчёты. Точки на карте – это медианы $\tilde{x}$ выборок одинакового объёма из 3...10 элементов. Медиана – это при нечётном объёме выборки середина вариационного ряда, при чётном объёме выборки – среднее из двух значений середины вариационного ряда.

Средняя линия $\tilde{\bar{x}}$ – это среднее из медиан выборок. Контрольные границы находят по формуле

$$K_{B,H} = \tilde{\bar{x}} \pm 3\sigma \sqrt{\frac{\pi}{2n}}.$$

Карта медиан менее точна, чем карта средних значений. При использовании для расчётов компьютера применение карты медиан вместо карты средних значений вряд ли оправдано.

Карта средних квадратичных отклонений используется для контроля рассеяния показателя. Точки на карте – средние квадратичные отклонения выборок одинакового объёма из 3...10 элементов. Средняя линия $\bar{s}$ – это среднее из СКО выборок. Контрольные границы:

$$K_H = \frac{\bar{s} \sqrt{\chi^2_{\alpha/2; n-1}}}{\sqrt{n-1}} \quad K_B = \frac{\bar{s} \sqrt{\chi^2_{1-\alpha/2; n-1}}}{\sqrt{n-1}}, \text{ где } \chi^2 - \text{критерий Пирсона, } n - \text{объём}$$

выборки, α – уровень значимости. Обычно принимают $\alpha = 0,0027$, что соответствует доверительной вероятности 0,9973. Часто на s-карте используют только верхнюю границу.

Карта размахов используется вместо карты средних квадратичных отклонений, когда хотят упростить расчёты. При этом карта размахов менее точна.

При построении R-карты берут 20...30 выборок одинакового объёма из 2...10 элементов. Точки на карте – размахи выборок. Размах выборки R – это разность между максимальным $x_{\max}$ и минимальным $x_{\min}$ значениями выборки. Средняя линия $\bar{R}$ – это среднее размахов выборок. Контрольные границы рассчитывают по формулам:

$$K_H = D_3 \bar{R}, \quad K_B = D_4 \bar{R}.$$

При уровне значимости 0,0027 коэффициенты D_3 и D_4 можно найти из табл. 6.1. При $n < 7$ нижняя контрольная граница не используется.

Таблица 6.1 – **Коэффициенты, используемые в контрольных картах размахов**

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_3	-	-	-	-	-	0,076	0,136	0,184	0,223
D_4	3,267	2,575	2,282	2,115	2,004	1,924	1,864	1,816	1,777

Часто при статистическом регулировании технологических процессов используют двойные карты, отражающие как отклонение параметра от нормы, так и его рассеяние. Это могут быть, например, $\bar{x} - R$ -карты или другие.

Построение контрольных карт с помощью табличного редактора Microsoft Excel

Пример. В цехе принято решение перевести на статистическое регулирование технологический процесс изготовления болта на автоматах. За показатель качества выбран диаметр болта, равный 26 мм, и его допускаемые отклонения: $es = -0,005$ мм; $ei = -0,019$ мм. Построить контрольную $\bar{x} - s$ -карту и провести по ней статистический анализ процесса. Для упрощения измерений и вычислений измерительный прибор (рычажная скоба) был настроен на размер 25,980 мм. Результаты измерений (отклонения от размера 25,980 мм в микрометрах) приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты измерений

Цех автоматный		Оборудование – токарный автомат 5803		Контролируемая операция – нарезание резьбы		Контролируемый параметр – -0,005 Ø 26 - 0,019
Объём контроля N=100		Объём выборки $n = 5$		Средство контроля – рычажная скоба		
Время	№ выборки	Результаты контроля				
7.00	1	10	3	5	14	10
8.00	2	2	14	8	13	11
9.00	3	12	12	3	8	10
10.00	4	12	14	7	11	9
11.00	5	10	11	9	15	7
12.00	6	11	12	11	14	12
13.00	7	15	11	14	8	3
14.00	8	12	14	12	11	11
15.00	9	11	7	11	13	9
16.00	10	14	10	9	12	8
7.00	11	9	11	14	10	13
8.00	12	13	13	6	4	13
9.00	13	5	8	3	3	4
10.00	14	8	5	6	9	13
11.00	15	8	4	9	5	8
12.00	16	4	12	10	6	10
13.00	17	10	6	13	10	5
14.00	18	7	9	12	1	7
15.00	19	4	7	6	7	12
16.00	20	10	10	6	9	3

В ячейку A1 новой книги Excel вводим заголовок работы. В диапазон A4:F24 вводим исходные данные (номера выборок и результаты контроля).

Вначале рассчитываем данные для построения контрольной карты средних значений. В ячейке G5 рассчитываем среднее значение первой выборки при помощи статистической функции СРЗНАЧ. Полученную формулу копируем в диапазон G6:G24.

В ячейке H5 рассчитываем значение $\bar{x}$ (среднюю линию) как среднее из средних значений выборок при помощи статистической функции СРЗНАЧ. В полученной формуле для диапазона ячеек вводим абсолютную адресацию и копируем формулу в диапазон H6:H24. Это необходимо для того, чтобы в дальнейшем можно было провести среднюю линию на контрольной карте.

В ячейке B26 рассчитываем среднее квадратичное отклонение всей совокупности результатов измерений σ при помощи статистической функции СТАНДОТКЛОН для диапазона B5:F24.

В ячейке I5 рассчитываем нижнюю контрольную границу $K_{\text{н}}$. Формула в ячейке будет выглядеть так: $=H5-3*B26/КОРЕНЬ(5)$. Указав абсолютную адресацию для имён ячеек, копируем формулу из ячейки I5 в диапазон I6:I24. Это необходимо, чтобы в дальнейшем провести границу на карте.

В ячейке J5 рассчитываем верхнюю контрольную границу, и после указания абсолютной адресации для имён ячеек копируем формулу из ячейки J5 в диапазон J6:J24.

В ячейках K5 и L5 рассчитываем значения нижнего и верхнего технических допусков, вводя в них формулы $=26000-19-25980$ и $=26000-5-25980$ соответственно. Эти формулы копируем также в диапазон K6:L24.

Далее рассчитываем данные для построения контрольной карты средних квадратичных отклонений. В ячейке M5 рассчитываем среднее квадратичное отклонение первой выборки и копируем полученную формулу в диапазон M6:M24. В ячейке N5 рассчитываем среднее из СКО выборок, и после указания абсолютной адресации копируем формулу в диапазон N6:N24. В ячейке O5 рассчитываем нижнюю контрольную границу по формуле $=N5*КОРЕНЬ(ХИ2ОБР(1-0,0027/2;4)/5)$ и копируем формулу в диапазон O6:O24. В ячейке P5 рассчитываем верхнюю контрольную границу и копируем содержимое ячейки в диапазон P6:P24.

Полученная электронная таблица показана на рис. 6.2. По расчётным значениям строим $\bar{x} - s$ - карту.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Лаб. работа 8. Контрольные карты по количественному признаку															
2																
3							Карта средних значений						Карта СКО			
4	№ выборки	Результаты контроля					Хср	Хср ср	Кн	Кв	Тн	Тв	S	Сср	Кн	Кв
5	1	10	3	5	14	10	8,4	9,15	4,5	13,8	1	15	4,39	3,05	0,44	5,76
6	2	2	14	8	13	11	9,6	9,15	4,5	13,8	1	15	4,83	3,05	0,44	5,76
7	3	12	12	3	8	10	9	9,15	4,5	13,8	1	15	3,74	3,05	0,44	5,76

Рис. 6.2. Расчёт контрольных карт в примере

Сначала строим $\bar{x}$ -карту. В мастере диаграмм выбираем вид диаграммы **Точечная диаграмма, на которой значения соединены отрезками**. В качестве исходных данных выделяем диапазон A5:A24, G5:L24. Полученную диаграмму редактируем при помощи контекстного меню, а также наносим обозначения контрольных границ при помощи инструмента **Надпись** панели инструментов **Рисование**.

Аналогичным образом строим s-карту.

Чтобы получить из двух построенных карт единый объект, совмещаем их по длине (например, прижав к левому краю электронной таблицы), одновременно выделяем щелчками левой кнопкой мыши на каждой диаграмме при нажатой клавише Shift и группируем командой **Группировать**, вызываемой из инструмента **Действия** панели инструментов **Рисование**. Полученная контрольная $\bar{x}-s$ -карта показана на рис. 6.3.

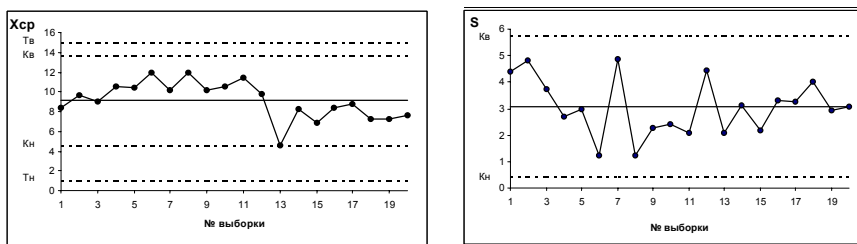


Рис. 6.3. $\bar{x}-s$ -карта, полученная в примере

Анализ контрольной карты показывает, что рассеяние диаметра болта приемлемо, и по рассеянию процесс стабилен (оборудование настроено доста-

точно точно), поскольку на s-карте нет показаний разлаженности процесса. Однако на $\bar{x}$ -карте имеются серии из девяти точек (с четвёртой по двенадцатую) и из восьми точек (с тринадцатой по двадцатую), расположенных по одну сторону от средней линии. Это указывает на нестабильность процесса. Видимо, в течение процесса при переходе от двенадцатой к тринадцатой точке изменилось математическое ожидание диаметра. Следует постараться выяснить причину этой нестабильности и провести управляющее воздействие на процесс.

Построение контрольных карт с помощью статистического пакета SPSS

Первоначально для построения контрольных карт необходимо ввести массив данных. С этой целью нажимается клавиша «Представление данные» и вводится массив (рис. 6.4).

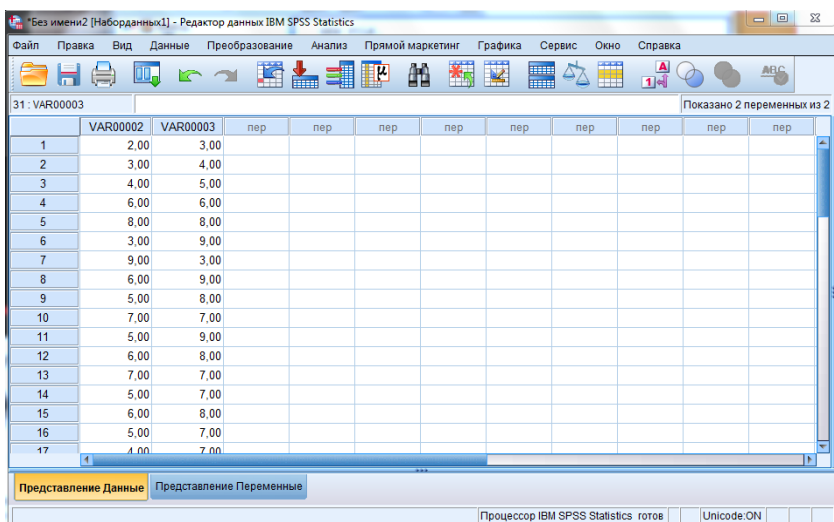


Рис. 6.4. Диалоговое окно для ввода данных

Название переменных можно изменять во вкладке внизу путем нажатия на клавишу **Представление Переменные** или на **Переменные** (В зависимости от программы). Изменить название можно путем нажатия на соответствующую ячейку (рис. 6.5) с последующим ее переименованием.

	Имя	Тип
1	VAR00001	Числовой

	Имя	Тип
1	x	Числовая
2	y	Числовая

Рис. 6.5. Ячейки для изменения названия переменных

Для возвращения к исходным данным необходимо нажать на вкладку внизу окна **«Представление данные»**. Далее необходимо в верхнем меню (рис. 6.6) программы выбрать последовательно **«Анализ – Контроль качества – Контрольные диаграммы...»**.

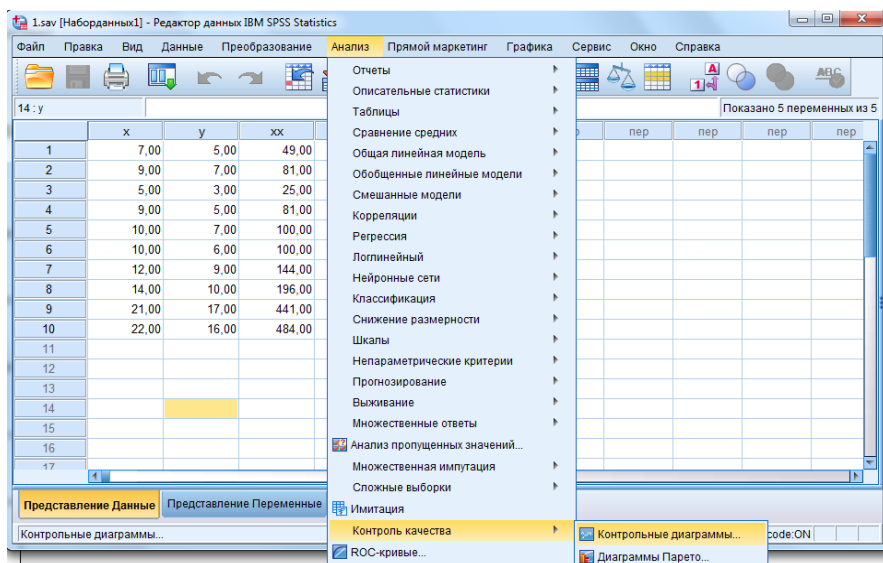


Рис. 6.6. Диалоговое окно для построения контрольной карты

После того как откроется диалоговое окно **«Контрольные диаграммы»** (рис. 6.7), необходимо нажать на окно **«X-столбец»** и **«Наблюдения – это подгруппы»**, а затем нажать **«Задать»**.

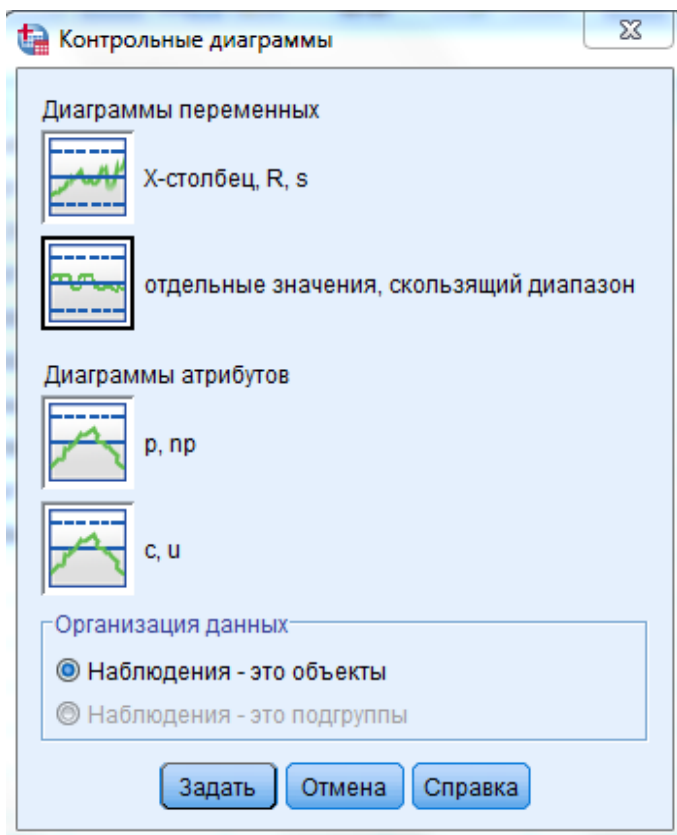


Рис. 6.7. Диалоговое окно «Контрольные диаграммы»

После открытия диалогового окна (рис. 6.8) необходимо выделить **X** и вставить с помощью стрелки в графу **«Выборки»**.

В этом же окне необходимо нажать на вкладку **«Статистики...»** и обозначить границы спецификации «Верхняя» и «Нижняя», также выбрать искомые характеристики путем простановки галочки против конкретного параметра. Затем необходимо нажать на кнопки **«Продолжить»** и **«ОК»**. После этих действий в окне вывода (рис. 6.9) появится контрольная карта.

Задание на выполнение работы и содержание отчета

Выполнить расчёты и построения в соответствии с рассматриваемым примером.

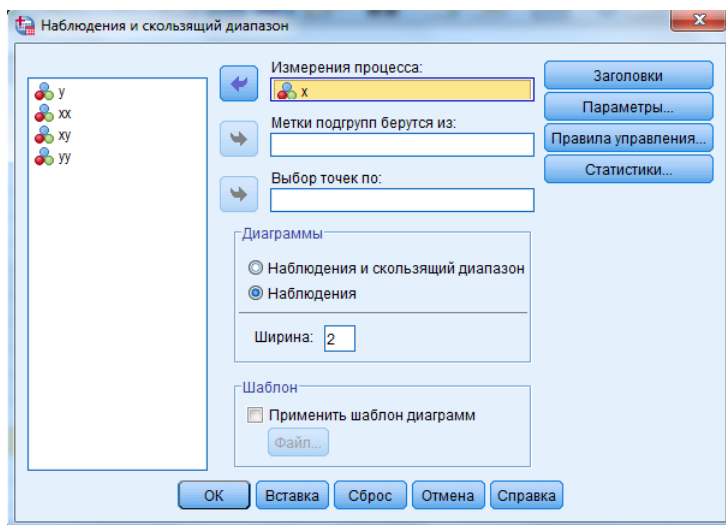


Рис. 6.8. Наблюдения и скользящий диапазон

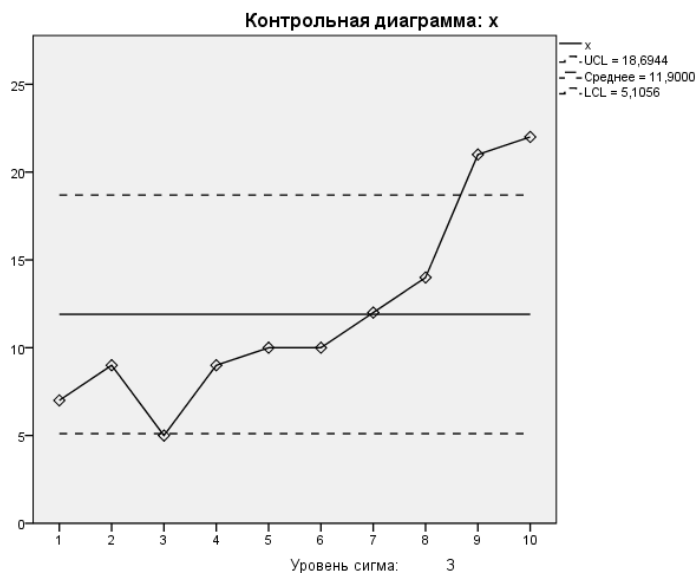


Рис. 6.9. Окно вывода контрольной карты

Построить контрольную $\bar{x}$ -*R*-карту по результатам измерения некоторого параметра качества, представленным в таб. 6.3. Провести статистический анализ процесса.

Таблица 6.3 – Результаты измерения параметра

№ выборки	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	47	44	32	35	20
2	19	31	37	25	34
3	19	16	11	11	44
4	29	42	29	59	38
5	28	45	12	36	25
6	40	11	35	38	33
7	15	12	30	33	26
8	35	32	44	11	38
9	27	26	37	20	35
10	23	26	45	37	32
11	28	40	44	31	18
12	31	24	25	32	22
13	22	19	37	47	14
14	37	12	32	38	30
15	25	24	40	50	19
16	7	23	31	18	32
17	38	41	0	40	37
18	35	29	12	48	20
19	31	35	20	24	47
20	27	38	27	40	31
21	42	52	42	24	25
22	31	15	31	3	28
23	27	22	27	32	54
24	34	15	34	29	21
25	37	45	37	14	17

Отчет должен содержать:

- исходные данные (данные 25 выборок);

- контрольные карты, построенные с помощью табличного редактора Microsoft Excel и статистического пакета SPSS;
- анализ построенных контрольных карт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимов, В.В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учеб. пособие / В.В. Ефимов, Т.В. Барт. – М.: КНОРУС, 2006. – 240 с.
2. Вуколов, Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: учеб. пособие / Э.А. Вуколов. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 464 с.
3. Громыко, Г.Л. Теория статистики: практикум / Г.Л. Громыко. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 205 с.
4. Гиссин, Д.В. Управление качеством продукции: учеб. пособие / Д.В. Гиссин. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 256 с.
5. Ноулер, Л. Статистические методы контроля качества продукции / Л. Ноулер, Д. Хауэлл, Б. Голд и [др.]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 96 с.
6. Статистические методы повышения качества / под ред. Кумэ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 304 с.
7. Строителев, В.Н. Статистические методы – основной инструмент специалиста в области качества / В.Н. Строителев // Качество, инновации, образование. – 2002. – № 1. – С. 11-17
8. Надежность и эффективность в технике. Т.6. Экспериментальная отработка и испытания. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
9. Фомин, В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация: Курс лекций / В.Н. Фомин. – М.: Ассоциация авторов и издателей «ТАНДЕМ». Изд-во «ЭСМОС», 2000. – 320 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Значение функции Гаусса

U	Q(t)	f(U)	U	Q(t)	f(U)
0,00	0,500	0,399	-1,80	0,036	0,079
-0,10	0,460	0,397	+1,80	0,964	0,079
+0,10	0,540	0,397	-1,90	0,029	0,066
-0,20	0,421	0,391	+1,90	0,971	0,066
+0,20	0,597	0,391	-2,00	0,023	0,054
-0,30	0,820	0,381	+2,00	0,977	0,054
+0,30	0,618	0,381	-2,10	0,018	0,044
-0,40	0,345	0,368	+2,10	0,982	0,044
+0,40	0,655	0,368	-2,20	0,014	0,035
-0,50	0,308	0,352	+2,20	0,968	0,035
+0,50	0,692	0,352	-2,30	0,011	0,028
-0,60	0,274	0,333	+2,30	0,989	0,028
+0,60	0,726	0,333	-2,40	0,008	0,022
-0,70	0,242	0,312	+2,40	0,992	0,022
+0,70	0,758	0,312	-2,50	0,006	0,017
-0,80	0,212	0,290	+2,50	0,994	0,017
+0,80	0,788	0,290	-2,60	0,005	0,014
-0,90	0,184	0,266	+2,60	0,955	0,014
+0,90	0,816	0,266	-2,70	0,003	0,010
-1,00	0,159	0,242	+2,70	0,997	0,010
+1,00	0,841	0,242	-2,90	0,002	0,006
-1,10	0,136	0,218	+2,90	0,998	0,006
+1,10	0,864	0,218	-3,00	0,001	0,004
-1,20	0,115	0,194	+3,00	0,999	0,004
+1,20	0,885	0,194	-3,10	0,001	0,003
-1,30	0,097	0,171	+3,10	0,999	0,003
+1,30	0,903	0,171	-3,20	0,0007	0,002
-1,40	0,081	0,150	+3,20	0,9993	0,002
+1,40	0,919	0,150	-3,40	0,0003	0,001
-1,50	0,067	0,129	+3,40	0,9997	0,001
+1,50	0,933	0,129	-3,60	0,0002	0,0006
-1,60	0,055	0,111	+3,60	0,9998	0,0006
+1,60	0,945	0,111	-3,80	0,0001	0,0003
-1,70	0,045	0,094	+3,80	0,9999	0,0003
+1,70	0,955	0,094			

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Значения критерия Пирсона

К/А	0,10	0,05	0,01	К/А	0,10	0,05	0,01
1	2,71	3,81	6,63	21	29,62	32,67	38,93
2	4,61	5,99	9,21	22	30,81	33,92	40,29
3	6,25	7,81	11,34	23	32,01	35,17	41,64
4	7,78	9,49	13,28	24	33,20	36,42	42,98
5	9,24	11,07	15,09	25	34,38	37,65	44,31
6	10,64	12,59	16,81	26	35,56	38,89	45,64
7	12,02	14,07	18,48	27	36,74	40,11	46,96
8	13,36	15,51	20,09	28	37,92	41,34	48,28
9	14,68	16,92	21,67	29	39,09	42,56	49,59
10	15,99	18,31	23,21	30	40,26	43,77	50,89
11	17,28	19,68	24,72	40	51,80	55,76	63,69
12	18,55	21,03	26,22	50	63,17	67,50	76,15
13	19,81	22,36	27,69	60	74,40	79,08	88,38
14	21,06	23,68	29,14	70	85,53	90,53	100,42
15	22,31	25,00	30,58	80	96,58	101,88	112,33
16	23,54	26,30	32,00	90	107,56	113,14	124,12
17	24,77	27,59	33,41	100	118,50	124,34	135,81
18	25,99	28,87	34,81				
19	27,20	30,14	36,19				
20	28,41	31,14	37,57				

Учебное издание

Вашуков Юрий Александрович

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Лабораторный практикум

Редактор Ю.Н. Литвинова
Доверстка Л.Р. Дмитриенко

Подписано в печать 06.10.2015. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 5,25.

Тираж 150 экз. Заказ . Арт. 19/2015.

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет)»
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во СГАУ. 443086 Самара, Московское шоссе, 34.