

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южный федеральный университет»**

**Инженерно-технологическая академия**

**Л. А. ГИНИС**

**Статистические методы контроля и  
управления качеством.  
Прикладные программные средства**

*Учебное пособие*

**Ростов-на-Дону – Таганрог**  
**Издательство Южного федерального университета**  
**2017**

**УДК 658.562.012.7 (075.8)**

**ББК: 65.291.я73**

**Г 492**

*Печатается по решению кафедры информационных измерительных технологий и систем Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета (протокол №4 от 23 января 2017 г.)*

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий Таганрогского института управления и экономики *В. П. Карелин*,  
доктор технических наук, профессор Южного федерального университета *А. В. Боженюк*.

**Гинис, Л. А.**

Г 492 Статистические методы контроля и управления качеством. Прикладные программные средства: учебное пособие / Л. А. Гинис; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. – 82 с.  
Табл. 16. Ил. 48. Библиогр.: 17 назв.

**ISBN 978-5-9275-2619-2**

В учебном пособии содержатся основные сведения и описание видов практического использования инструментария MS Excel для проведения анализа в сфере статистического контроля качества.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программам академического и прикладного бакалавриата и магистратуры направления 27.03.01 – «Стандартизация и метрология» и ряда экономических направлений в рамках изучения таких дисциплин, как «Управление качеством», «Статистические методы контроля качества», а также может быть полезно при проведении научно-исследовательских работ и подготовке выпускной квалификационной работы.

**ISBN 978-5-9275-2619-2**

**УДК 658.562.012.7 (075.8)**

**ББК: 65.291.я73**

© Южный федеральный университет, 2017

© Гинис Л.А., 2017

## **ВВЕДЕНИЕ**

В последнее десятилетие в России все большее внимание уделяется уровню и оценке качества производимой продукции, что напрямую влияет на обеспечение производства конкурентоспособной продукции.

Одной из проблем является налаживание системы информационного обеспечения управлением качества, связанное с работой с большими объемами быстро изменяющейся информации, поэтому создание автоматизированной системы информационного обеспечения, как элемента общей системы управления организацией, является актуальной задачей современного производства, при этом выбор информационного обеспечения зависит от специфики продукции и услуг, от организационной структуры управления предприятием и функциями системы управления качеством.

Решение проблемы видится в применении современных информационных технологиях на различных направлениях в сфере управления качеством:

1. Автоматизированное определение нормативных величин проверяемых признаков.
2. Автоматизированная настройка уровня управления контролем качества.
3. Совершенствование системы менеджмента качества (СМК) на основе CALS-технологий (Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла) для автоматизированных производств.
4. Интеграция системы передачи данных о качестве и мультимедийные компьютерные технологии.

В рамках первого и второго направлений, наиболее важные пути совершенствования информационного обеспечения систем качества связаны с применением статистических методов контроля и управления качеством на основе готовых программных решений, как следствие внедрение автоматизированной системы сбора и обработки информации о надежности.

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗА КАЧЕСТВО**

В 1846 г. российский математик академик Михаил Васильевич Остроградский впервые высказал идею о возможности оценивания качества продукции по выборочным характеристикам, определяемым по малой выборке партии этой продукции. Эта идея и легла в основу современной теории и практики применения статистических методов для контроля и управления качеством [9]. Статистический анализ позволяет исследовать условия и факторы, влияющие на качество производимых товаров и услуг. В первой четверти XX в. стали внедряться нормы и правила для оценки качества труда, в настоящее время возможно применение статистических методов контроля качества труда. Именно внедрение статистических методов позволило значительно сократить трудоемкость операций контроля и значительно снизить численность инспекторов (контролеров).

Джозеф Джуран в своей книге «Качество в истории цивилизации. Эволюция, тенденции и перспективы управления качеством» («A History of Managing for Quality», ASQ. Quality Press, 1995) прослеживает историю менеджмента качества со времен строительства египетских пирамид.

Однако подъем статистических методов контроля качества начинается с приходом эры массового производства, качество изделий стало зависеть от контролеров. Ряд прорывных достижений в сфере контроля качества был достигнут в это время на Готорнском заводе (Hawthorne plant, USA), компании «Western Electronic», подразделение корпорации «American Telephone and Telegraph» (AT&T). Завод стал известен в индустриальной психологии тем, что именно здесь проводился известный Готорнский эксперимент, подтвердивший, что рабочие трудятся лучше, если чувствуют, что руководство интересуется их проблемами. Куда менее известно, что происходило в отделе технического контроля (ОТК) завода в середине 20-х гг. прошлого столетия, когда в этот отдел пришел на работу Джозеф Джуран. Тогда в ОТК завода пытались сформулировать оптимальный план выборочного контроля качества. Но это были планы, а в реальности завод испытывал немало проблем с надежностью контроля [2].

Контролеры ОТК не были в состоянии определить 100 % несоответствующей продукции. Еще одна проблема состояла в том, что даже если удавалось избежать попадания дефектной продукции к потребителю, он все равно за нее платил из-за возросшей цены товара в силу большого количества брака. Дороговизна самого контроля качества также была весомым фактором в формировании цены производимого товара на выходе. Одним словом, на Готорнском заводе полагались на контроль, который «смирился» с убытком от дефектов, взвинчивающих цену для покупателя. Например, когда Джурган пришел на завод, 5 200 рабочих от общего числа в 40 000 работали на ОТК. Большинство из них проверяли и испытывали продукцию. Другие рабочие калибровали всевозможные образцы и контрольно-измерительное оборудование, необходимое для проверки продукции. Качество продукции, которую завод поставлял на рынок, было на довольно высоком уровне, но цена была сравнительно высокой, как раз из-за количества людей, занятых в контроле качества и переделывании дефектных изделий. Харольд Ф. Додж, начавший работать в компании «Western Electronic» с 1917 г. в должности инженера по развитию производства, писал, что «в 20-е гг. промышленность пыталась работать по-научному, опираясь на теорию научного менеджмента Фредерика У. Тейлора и используя диаграммы Ганта». Предприятия пытались найти компромисс между расходами и графиком работы и оказалось, что качество – это тот элемент, который должен быть учтен в этом уравнении.

Первое применение научных методов статистического контроля было зафиксировано в 1924 г., когда американский инженер всемирно известной фирмы «Bell Telephone Laboratories» (ныне финско-американская корпорация) Уолтер Эндрю Шухарт (Walter Andrew Shewhart) использовал для определения доли брака продукции контрольные карты. Одновременно с Шухартом, в это же время, инженер этой же фирмы Харольд Ф. Додж (Harold French Dodge) предложил теорию приемочного контроля, получившую вскоре мировую известность [4, 10]. Основы этой теории были изложены в 1944 г. в его совместной с Гарри Ромигом (Romig) работе «Sampling Inspection Tables – Single and Double Sampling».

16 мая 1924 года появилась первая контрольная карта, ныне – контрольные карты Шухарта. Контрольная карта позволила установить является ли производственный процесс стабильным и укладывается ли продукция в заданные нормативами для данных деталей ограничения. При применении контрольных карт используются специальные формулы, дающие возможность определить нижние и верхние пороги допустимых отклонений. Если исследованная деталь выбивается за пороговые значения, то есть основания полагать, что в партии есть несоответствующие детали и нужно проверять каждую. Нестабильный производственный процесс становится сигналом оператору оборудования о том, что станок нужно проверить. В книге Ллойда Добинса и Клэр Кроуфорд Мэйсон «Качество, а не то...» (Quality or Else, Mariner Books, 1993) говорится, что «многие люди считают, что менеджмент качества начал развиваться с того времени, когда Шухарт поведал управленцам о своих контрольных картах». Внедрение контрольных карт Шухарта на Готорнском заводе заняло много лет.

В 1925 г. отдел инженерного контроля Bell Telephone Laboratories и подразделение контроля Готорнского завода сформировали Объединенную комиссию по контролю показателей и эффективности (Joint Committee on Inspection Statistics and Economy). Среди членов новой организации были Уолтер Шухарт и Харольд Додж. На заводе был создан новый «Отдел контроля статистики» (Inspection Statistical Department), Д. Джуран был одним из инженеров, которые вошли в штат нового отдела. Было предложено анализировать статистические выборочные планы, которые были основаны на партиях продукции, и для каждой партии высчитывался отдельный процент дефектных деталей. Индивидуальная случайная выборка использовалась для того, чтобы определить, должна ли партия быть принята или отозвана. Команда, с которой Додж работал в Bell Labs, придумала концепцию среднего выходного уровня дефектности и Додж в сотрудничестве с Ромигом, статистиком из Bell Labs, придумал новые выборочные планы. Додж также оказал помочь в создании выборочного плана армии США после Второй мировой войны, помог он и в разработке военных стандартов 105A-105D, действие которых Министерство обороны США прекратило в 1995 г. Доклад Доджа и Ромига, содержащий таблицы выборочного

контроля был опубликован в январе 1941 г. в журнале «The Bell Telephone System Technical Journal», а позже был перепечатан в качестве отдельного издания в 1944: «Однократный и двукратный отбор» (Sampling Inspection Tables: Single and Double Sampling). Эти таблицы выборки известны сейчас, как «Таблицы выборки Доджа и Ромига».

В 1926 г. Джуран пришел к выводу, что дефектных деталей не будет, если производственный процесс будет хорошим, их также не будет, если процесс очень плохой потому, что дефекты будут замечены в ходе случайной выборки и вся партия подвергнется 100 %-ой проверке. А вот если качество производственного процесса будет лежать где-то посередине между двумя крайностями, то некоторые дефектные детали попадут на рынок. Джуран назвал это «средний выходной уровень дефектности». Он думал, что совершил открытие, но затем узнал, что Додж пришел к пониманию этого раньше. Планы выборки Готорнского завода были, наконец, использованы при создании американского правительственного стандарта MIL-STD105A. В 1931 г. Шухарт опубликовал фундаментальный труд «Экономический контроль качества производимой продукции» (Economic Control of Quality of Manufactured Product, репринт ASQ, 1980), редактором которого выступил Уильям Эдвардс Деминг, он тоже работал на Готорнском заводе, но только как практикант, в летние месяцы. В это же время Шухарт начал проводить лекции о пользе статистики в вопросах качества. В 1938 г. Шухарт прочел цикл лекций по качеству в Учебно-научном центре Министерства сельского хозяйства США (Department of Agriculture's Graduate School). Эти лекции стали основой для его книги «Статистический метод с точки зрения контроля качества» (Statistical Method From the Viewpoint of Quality Control, Dover Publications reprint, 1986).

В ставшей классикой монографии «Летопись качества» [7] автора Мэтью Барсалоу (инженер по качеству и аудитор) приводится следующая информация: «Перед началом Второй мировой войны В. Шухарт посоветовал Л.Н. Саймону из артиллерийско-технического управления Пентагона использовать статистические методы. Управление опробовало их на Пикатиннском арсенале и Абердинском испытательном полигоне, результаты показали, что статистические методы могут быть полезными в армии. Там пришли к выводу, что нужно либо обучить всех поставщиков

статистическому контролю процессов или ввести контроль при приемке. Выбор пал именно на приемочный контроль, из-за большого количества материалов, которые нужно было доставлять в ограниченные сроки. Таблицы выборок, предложенные Г. Доджем и Г. Ромигом, были идеальным вариантом решения проблемы уменьшения затрат на проверки в отрасли, но управлению требовалось что-то простое и практическое. Тогда Додж и его коллеги из Bell Labs создали таблицы приемлемого уровня качества. Это понятие – «максимальное количество дефектов, приходящихся на 100 единиц продукции, которое может рассматриваться как допустимое, определяющее средний показатель качества всей партии». Продукция от производителя в этом случае могла быть принята, если она соответствует приемлемому уровню качества, но если она выбивалась за допустимые значения, то это влекло за собой более серьезные проверки. В начале сороковых годов Деминг выступил на факультете статистики Стэнфордского университета с инициативой об открытии учебной программы по статистическому контролю процессов.

В исследовании Национальной академии наук США 1947 г. отмечалось, что до Второй мировой войны статистические методы были малоизвестны в промышленности, за исключением компании Bell Labs, но многие компании быстро научились использовать статистику для принятия или отклонения поставок на основании статистической выборки. Исследование было подготовлено для компаний, которые еще не внедрили, но могут внедрить статистические методы. По его данным, в частности, Бюро технологических исследований и Комитет военно-промышленного производства начали проводить обучение по статистическому контролю процессов для специалистов промышленности и инженеров в 1943 г.

Ряд компаний создали отделы по контролю качества. К их работе были подключены бывшие сотрудники отделов технического контроля. Примерно в это время отделы качества стали размещаться под менеджментом на организационных диаграммах. Специалисты по качеству начали уделять особое внимание надежности изделия на протяжении его жизненного цикла, появилась специальность инженер по надежности.

Американское научное влияние на совершенствование систем обеспечения качества привело к созданию японской научной школы в области качества, среди представителей которых следует, прежде всего [4], отметить Каору Исикуаву (Kaoru Ishikawa) и Генити Тагучи (Genichi Taguchi), внесших большой вклад в развитие статистических методов в управлении качеством.

В 50–70 гг. прошлого столетия на ряде предприятий оборонного комплекса СССР активно проводились (под влиянием японского опыта по повышению качества) работы по внедрению систем управления качеством (в Саратове – БИП, в Горьком – КАНАРСПИ, в Ярославле – НОРМ, во Львове – КСУКП и др.), в которых статистические методы в области приемочного контроля и регулирования технологических процессов занимали важное место в предупреждении дефектов продукции [4].

Наиболее широкое распространение во многих отраслях промышленности во всем мире статистические методы контроля качества продукции получили в 70–80 гг. XX в. Сегодня статистический контроль используется как для регулирования хода технологического процесса, т.е. в процессе производства – так называемый *текущий предупредительный контроль*, так и для оценки качества партий продукции – по окончании производства – *приемочный контроль*.

Большое влияние на современное видение о всеобщем управлении качеством (TQM) оказывают работы российского ученого в области качества Вадима Аркадьевича Лапидуса. Он опубликовал ряд трудов по теории и практике управления качеством с учетом вариаций и неопределенности, в которых изложен «принцип распределения приоритетов», позволяющий оптимально выстроить отношения поставщика и потребителя с позиции обеспечения качества. Ему же принадлежит новый подход к управлению качеством, названный «гибким методом статистического управления», который математически опирается на теорию нечетких множеств [4].

## **КЛАССИФИКАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

В современной практике предприятий все используемые статистические методы можно сгруппировать следующим образом.

Группа 1. Методы высокого уровня сложности, которые используются разработчиками систем управления предприятием или процессами. К ним относятся методы кластерного анализа, адаптивные робастные статистики, многофакторный (дисперсионный) анализ, методы исследования операций и др. Методы этой группы предназначены для ограниченного количества инженеров, поскольку применяются при проведении очень сложных анализов процесса формирования качества.

Группа 2. Методы специальные, которые используются при разработке операций технического контроля, планировании промышленных экспериментов, расчетах на точность и надежность и т.д.

Группа 3. Методы общего назначения, в разработку которых большой вклад внесли японские специалисты. К ним относятся «Семь простых методов» (или «Семь инструментов качества»), включающих в себя контрольные листки; метод расслоения; графики; диаграммы Парето; диаграммы Исиакавы; гистограммы; контрольные карты. К Исиакаве говорил: «Основываясь на опыте своей деятельности, могу сказать, что 95 % всех проблем фирмы могут быть решены с помощью этих семи приемов».

Группа 4. Промежуточные статистические методы. К ним относят: теорию выборочных исследований; статистический выборочный контроль; методы проведения статистических оценок и определения критериев; методы применения сенсорных проверок (экспертные оценки); методы планирования и расчета экспериментов; корреляционный и регрессионный анализ.

Среди этих представителей можно выделить 15 наиболее распространенных статистических методов, изложенных или отдельно, или сгруппированных в функциональные разделы, в табл. 1 приведены сферы использования статистических методов в соответствии с этими методами.

На рис. 1 представлена классификация информации по управлению качеством с учетом предъявляемых к ней требований.



Рис. 1. Классификация и требования к информации

Таблица 1

## Статистические методы, используемые при контроле качества

Статистические методы		Описательная статистика	Планирование экспериментов	Проверка гипотез	Регрессионный анализ	Корреляционный анализ	Выборочный контроль	Факторный анализ	Анализ временных рядов	Статистическое установление допуска	Анализ точности измерений	Статистический контроль процессов	Статистическое регулирование процессов	Анализ безотказности	Анализ причин несоответствий	Анализ возможностей процесса
Элементы системы качества																
A.	Ответственность руководства															
Б.	Анализ контракта															
В.	Проектирование															
Г.	Закупки															
Д.	Идентификация продукции и прослеживаемость															
Е.	Управление процессами															
Ж.	Контроль и испытания															
З.	Контрольное, измерительное и испытательное оборудование															
И.	Действия с несоответствующей продукцией															
К.	Регистрация данных															
Л.	Внутренние проверки качества															
М.	Подготовка кадров															

Примечание. Буквенная индексация строк соответствует элементам системы качества по стандарту ISO 9001-94.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТАТИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Владение современными прикладными и методо-ориентированными пакетами программ для использования в профессиональной деятельности основ статистических методов необходимо специалистам, работающим во всех областях инженерных, естественнонаучных и гуманитарных областях. Именно автоматизация статистического анализа при управлении качеством, связанная порой с оперативной обработкой больших объемов информации, дала возможность специалистам принимать оперативные и научно-обоснованные решения по оценке и управлению качеством выпускаемой продукции.

Остановимся на методо-ориентированных пакетах прикладных программ, которые являются мощным современным инструментом, предназначенным для решения задач определённого класса в математической сфере. Методо-ориентированные пакеты прикладных программ отличаются тем, что в их алгоритмической основе реализован определенный математический и/или экономико-математический метод решения задачи, в первую очередь это: математическая статистика, математическое программирование, сетевое планирование и управления и др. Растет интенсивность использования специализированных программных продуктов статистической обработки, обеспечивающих высокую точность и многообразие статистических методов.

Наиболее известные отечественные и зарубежные статистические пакеты: STADIA (статистический анализ данных), СОМИ, STATGRAPHICS, МЕЗОЗАВР (MESOSAUR, анализ временных рядов), Systat (углубленный статистический анализ и эконометрические исследования), SAS, SPSS, STATISTICA, S-PLUS, BMDP, SIGAMD, DataScope, MATHEMATICA и др.

Однако для целей статистического контроля и управления качеством более используются и подходят пакеты STADIA, STATGRAPHICS, SAS, STATISTICA и SPSS. Их популярности способствуют: большое количество реализованных методов; хорошая русификация; наличие учебной и справочной литературы по работе с ними. Рассмотрим их более подробно.

STADIA (<http://protein.bio.msu.ru/~akula/Podr2~1.htm>) разработан специалистами Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в конце 70-х гг. прошлого столетия. Отличается наличием всех самых распространенных методов одномерного и многомерного статистического анализа, включая проверку различных гипотез и контроль качества.

К числу достаточно мощных универсальных статистических пакетов относится также STATGRAPHICS PLUS. Важнейшим достоинством пакета считаются хорошая интеграция математико-статистического аппарата обработки данных с современной интерактивной графикой и его динамичная эволюция с учетом развития компьютерных технологий. STATGRAPHICS среди прочего позволяет проводить регрессионный анализ.



Универсальная система статистических программ SAS ([https://www.sas.com/ru\\_ru/home.html](https://www.sas.com/ru_ru/home.html)) – мощный интегрированный комплекс более чем из 20 различных программных продуктов. Основное преимущество данного пакета – его непревзойденная мощность по набору реализованных алгоритмов статистических процедур, хотя по качеству и многообразию тот или иной его раздел может уступать соответствующему разделу специализированного статистического пакета. В России функционирует центр SAS-технологий в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Использование системы SAS занимает ведущее место в исследовании качества жизни. Система известна с 1976 г. и остается лидером по мощности и набору статистических алгоритмов.

Демократичная политика компании позволяет использовать следующие бесплатные версии.

**SAS® University Edition.** Бесплатное ПО, включающее современные методы статистического и количественного анализа.

**SAS® OnDemand for Academics.** Онлайн-доступ к мощным инструментам статистического анализа, data mining и прогнозирования.

**SAS® Visual Analytics & SAS® Visual Statistics – Through Teradata University Network.** Инструменты визуализации. Опыт работы с SAS Visual Analytics и SAS Visual Statistics бесплатно и без инсталляции.

Свободный доступ к инструментам аналитики и визуализации мирового уровня, благодаря партнерству SAS и Teradata University Network.



SPSS (Statistical Package for the Social Science, <http://www.predictivesolutions.ru/>) – это универсальный профессиональный пакет, объединяющий функции ввода и управления данными, статистического анализа и представления результатов, а также работа с графиками, таблицами, вывод для Web-страниц. Первая версия вышла в 1966 г.

SPSS является абсолютным лидером на рынке универсальных статистических пакетов, отличается простотой использования, гибкостью и мощностью применения для всех видов статистических расчетов. В России существует представительство компании SPSS Predictive Solutions (до 2012 г. – SPSS Russia), которое распространяет русифицированную версию пакета.

В 2009 г. компания SPSS произвела ребрендинг и статистический пакет стал называться PASW Statistics (Predictive Analytics SoftWare), а 29 июля 2009 года компания SPSS объявила о том, что она приобретается фирмой IBM. Сегодня работает версия IBM SPSS Statistics 24.

Умение работать с IBM SPSS Statistics существенно облегчит жизнь любому, кто использует статистические методы в своей профессиональной деятельности: аналитикам, маркетологам, социологам, психологам, менеджерам по рекламе, научным работникам в сфере медицины и биологии, специалистам по оценке рисков и по контролю качества. Полученные результаты помогают компаниям оптимизировать процесс принятия решений, а значит, повысить прибыльность, усовершенствовать бизнес-процессы и привлечь новых клиентов.



Deductor (<https://basegroup.ru/>) – мощная и всеобъемлющая «нейростудия», в которой реализовано множество алгоритмов нейросетевого моделирования, от примитивного персептрона до сложных процедур кластеризации на базе сетей Кохонена. Пакет Deductor ориентирован на решение широкого спектра задач. Это и коммерческая информация, и научные наблюдения, и обработка неструктурированных текстов. В пакет входит несколько модулей: хранилище информации Deductor Warehouse, подсистема анализа Deductor

Studio, генератор отчетов Deductor Viewer. Deductor содержит все необходимые инструменты для создания систем контроля качества. Перечислим их по [3].

**Моделирование.** В Deductor встроено множество алгоритмов моделирования от расчета простых средних показателей до построения сложных самообучающихся моделей. Комбинирование различных методов анализа позволяет учесть все особенности производственного процесса, учитывать влияние разнородных факторов, находить сложные нетривиальные закономерности.

**Анализ аномалий.** Инструменты, имеющиеся в Deductor, позволяют выявлять отклонения в автоматическом и интерактивном режиме, ранжировать их, проверять на выход за заданные пределы, оценивать устойчивость и изменчивость процессов.

**Визуализация отклонений.** В системе имеется множество удобных способов отображения данных: гистограммы распределения, диаграммы, карты, линии трендов. Их применение позволяет быстро, с минимальными усилиями обнаружить отклонения и на ранних стадиях выявить нежелательные тенденции.

**Выявление причин сбоев.** Встроенные в Deductor механизмы анализа позволяют ответить не только на вопрос, "что произошло", но и "почему произошло". Эти алгоритмы могут извлекать зависимости из больших объемов данных и представлять их в виде легко интерпретируемых правил.

**Оповещения об отклонениях.** В случае выявления критических отклонений, можно автоматически оповестить заинтересованных лиц, выслав им на электронную почту или мобильный телефон сообщение с описанием проблемы и данными, необходимыми для принятия решений.

**Методы анализа,** встроенные в Deductor, позволяют реализовать курс на постоянное улучшение качества производственных процессов: выявлять нежелательные тенденции и реагировать на них, моделировать развитие процессов, выявлять причины брака и минимизировать связанные с этим проблемы.

Задача регулирования технологического процесса на платформе Deductor решается в пять этапов.

1. Изучение и анализ параметров процесса (визуализация).

2. Создание хранилища данных для хранения и консолидации данных.
3. Обнаружение нестабильного состояния процесса (на основе статистических методов).
4. Выявление причин сбоев (методы Data Mining).
5. Оповещение о сбое в техпроцессе.

Рассмотрим некоторые из них.

Наиболее типичным является использование инструмента контрольный листок для сбора и регистрации опытных данных о текущем процессе и/или характеристиках качества готовой продукции. После изучения полученной информации выбирается метод проверки стабильности состояния процесса. За основу анализа состояния процесса чаще всего берется метод контрольных карт Шухарта. Рассчитывались контрольные карты для количественных данных: X-карта и R-карта.

Вид контрольной карты, построенной в программе Deductor, продемонстрирован на рис. 2.

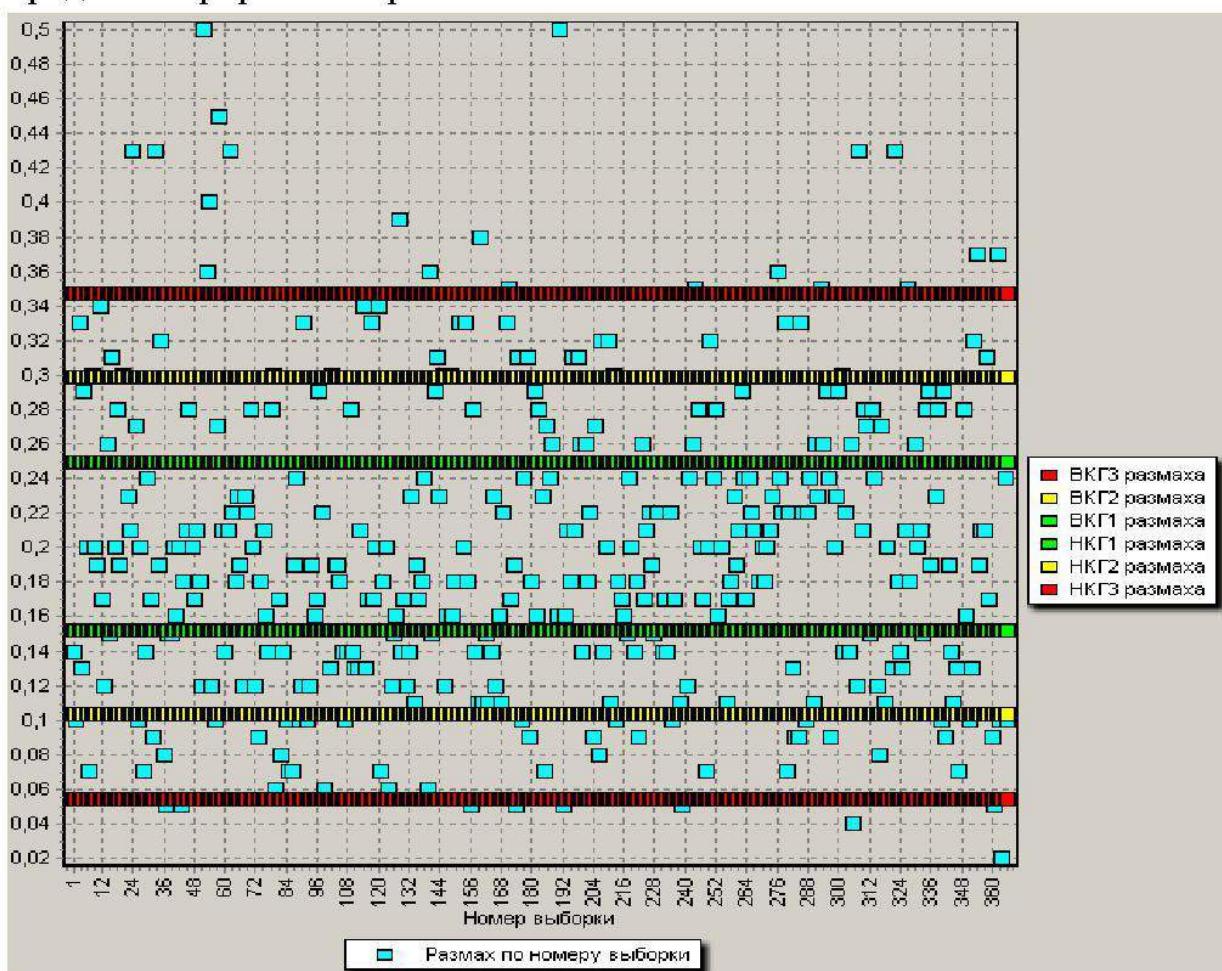


Рис. 2. Диаграмма, отображающая R-карту для рассматриваемого технологического процесса (<https://basegroup.ru/>)

Этот технологический процесс можно представить в виде OLAP-куба (рис. 3 и 4).

Название детали ▾								
Втулка								
Дата сверления ▾	✚ Деталь1	✚ Деталь2	✚ Деталь3	✚ Деталь4	✚ Среднее	✚ Размах	✚ Сигма	✚ РСИ
12.01.2006 8:01:20	4,95	5,01	4,96	5,09	5,00	0,14	0,05	1,00
12.01.2006 8:05:20		5,08	5,08	4,98	5,05	0,10	0,05	1,00
12.01.2006 8:10:20		5,09	5,18	4,85	5,02	0,33	0,05	1,00
12.01.2006 8:15:20		5,08	5,03	4,95	5,04	0,13	0,05	1,00
12.01.2006 8:25:20		4,95	5,10	5,22	4,93	0,29	0,05	1,00
12.01.2006 8:31:20		5,21	5,01	5,10	5,02	0,20	0,05	1,00
12.01.2006 8:42:20		4,88	4,95	4,95	4,93	0,07	0,05	1,00
12.01.2006 8:44:20		5,21	4,95	4,91	4,98	0,30	0,05	1,00
12.01.2006 8:47:20		5,06	5,04	4,92	4,86	0,20	0,05	1,00
12.01.2006 8:52:20		5,14	5,08	4,95	5,04	0,05	0,05	1,00
12.01.2006 8:59:20		4,99	5,02	5,14	4,80	0,34	0,05	1,00
12.01.2006 9:01:20		5,14	5,05	5,01	4,97	0,17	0,05	1,00
12.01.2006 9:05:20		4,94	4,94	4,85	4,97	0,12	0,05	1,00
12.01.2006 9:10:20		4,90	4,94	5,02	5,16	0,26	0,05	1,00
12.01.2006 9:15:20		5,01	4,88	4,99	5,03	0,15	0,05	1,00
12.01.2006 9:23:20		4,80	4,86	4,96	5,11	0,31	0,05	1,00
12.01.2006 9:36:20		5,10	4,92	4,99	4,90	0,20	0,05	1,00
12.01.2006 9:42:20		5,15	4,87	4,98	5,00	0,28	0,05	1,00
12.01.2006 9:54:20		4,96	5,03	5,15	4,99	0,19	0,05	1,00

Рис. 3. OLAP-отчет динамики технологического процесса  
(<https://basegroup.ru/>)

- + Контрольная ... ▾	- + Стабильность ... ▾	Критерий ▾	✚ Среднее	✚ Размах	✚ Количество
R-карта	Необычная структура	Критерий 5	5,03	0,16	16
		Критерий 6	5,03	0,14	12
		Итого:	5,03	0,15	28
	Процесс вышел из границ	Критерий 1	5,03	0,29	29
		Итого:	5,03	0,29	29
		Итого:	5,03	0,22	57
	Х-карта	Критерий 5	5,01	0,21	6
		Критерий 6	5,02	0,20	18
		Итого:	5,02	0,20	24
		Критерий 1	4,88	0,14	1
		Итого:	4,88	0,14	1
		Критерий 2	5,07	0,23	27
		Итого:	5,07	0,23	27
	Итого:		5,04	0,22	52

Рис. 4. OLAP-куб по встречающимся признакам нестабильной работы технологического процесса сверления отверстий (<https://basegroup.ru/>)



StatSoft® STATISTICA (<http://statsoft.ru/>).

Среди универсальных систем статистического анализа данных широкое распространение получил пакет STATISTICA.

Система STATISTICA разработана компанией StatSoft Inc., основанной в 1984 г. в городе Тулса (Tulsa, Oklahoma, USA). Первые программные продукты PsyhoStat-2 и 3 были ориентированы на статистический анализ социологических данных. Первый коммерческий продукт Statistical Supplement for Lotus 1-2-3 появился в 1985 г. В 1991 г. выходит первая версия системы STATISTICA for DOS, которая представляет собой новое направление развития статистического программного обеспечения. В ней реализован так называемый графически-ориентированный подход к анализу данных. Этот пакет имел ряд существенных преимуществ перед другими статистическими пакетами, в частности, за счет оптимизации удалось добиться повышения скорости обработки данных более чем в 10 раз по сравнению с другими пакетами; пакет мог работать фактически с неограниченным объемом данных. В 1992 г. вышла версия STATISTICA for Macintosh, которая быстро приобрела заслуженную популярность среди пользователей.

В 1994 г. выходит версия STATISTICA for Windows и сразу же занимает лидирующее положение среди статистических пакетов. В 1995 г. STATISTICA была включена в число 100 лучших программных продуктов (WINDOWS Magazine, февраль 1995 г.).

2001 г. ознаменовался выходом нового поколения программных продуктов серии STATISTICA 6, совместимых с Windows NT/2000/XP. STATISTICA 6 основана на самых современных технологиях и является реализацией более чем 10 000 различных статистических процедур и методов исследования, а также более 100 различных типов графиков. В этой версии впервые реализован язык программирования STATISTICA Visual Basic, позволяющий настраивать систему под специализированные задачи, начиная от записи простых макросов и заканчивая разработкой сложных приложений на базе STATISTICA. В STATISTICA 6 представлены различные варианты вывода результатов: мультимедийные таблицы, отчеты и рабочие книги. Отчеты могут создаваться автоматически и сохраняться в форматах rtf, doc, html и pdf.

Сегодня STATISTICA является наиболее динамично развивающимся статистическим пакетом, который применяется в самых различных отраслях: бизнес, финансы, промышленность, медицина, управление, маркетинг, страхование, образование, энергетика, строительство, транспорт, телекоммуникации, интернет. Продукты серии STATISTICA позволяют решать любые задачи в области анализа и обработки данных, новейшая версия – платформа Statistica 13.

Специально для управления и контроля качества разработаны следующие продукты.



*STATISTICA Quality Control (QC)* полностью соответствует международным стандартам ISO/DIN, включает модули контроля качества и инструментарий «Шесть сигма». Концепция «Шесть сигма» – это строгий количественный подход к улучшению необходимых показателей производства, обслуживания и управления финансами, признанная во всем мире концепция улучшения качества, снижения числа дефектов и экономии затрат на качество в различных сферах производства, услуг и менеджмента. Методология «Шесть сигма» позволяет достигать почти бездефектное производство благодаря синтезу современных средств статистического контроля качества, мощных методов анализа данных и систематического тренинга персонала.

*STATISTICA Quality Control Charts* (Карты Контроля Качества) – предоставляет полностью настраиваемые (вызываемые из других приложений), простые, доступные и гибкие карты с набором опций автоматизации и возможностью создания пользовательских ярлыков для упрощения ежедневных задач, содержит:

- стандартные карты;
- многомерные карты;
- краткие карты;
- параметры карт и статистики;
- гибкая и настраиваемая система оповещения об ошибках;
- негауссовские контрольные пределы;
- пригодность процесса и показатели качества;
- системы контроля качества в реальном времени и др.

**STATISTICA Process Analysis** (Анализ процессов) – представляет собой обширный пакет для анализа пригодности процесса, анализа повторяемости и воспроизводимости (R&R) измерений и запуска других процедур контроля и улучшения качества, включает:

- анализ пригодности процесса;
- 2M индексы пригодности;
- анализ повторяемости и воспроизводимости измерений;
- анализ атрибутов;
- анализ Вейбулла;
- планы выборочного контроля.

**STATISTICA Design of Experiments** (Планирование экспериментов) – предоставляет самый большой выбор методов планирования экспериментов и соответствующих технологий визуализации, включая интерактивные профили желательности и широкий спектр статистик остатков и включает:

- стандартные двухуровневые  $2^{k-p}$  дробные факторные планы с блоками (планы Box-Hunter-Hunter минимальной аберрации);
- $2^{k-p}$  дробные факторные планы минимального отклонения и максимального несмешивания с блоками;
- отсеивающие (Плакетта–Бермана) планы;
- смешанные факторные планы;
- трехуровневые  $3^{k-p}$  дробные факторные планы с блоками и планы Бокса–Бенкена;
- центральные композиционные планы (поверхности отклика);
- Робастные планы Тагучи;
- планы для смесей и тернарные графики;
- планы для смесей и поверхностей с ограничениями;
- D- и A-оптимальные планы;
- D-оптимальный план с расщепленной делянкой;
- D-оптимальный анализ с расщепленной делянкой;
- альтернативные процедуры для анализа экспериментов и др.



**STATISTICA Process Optimization** позволяет проводить мониторинг процессов, идентифицировать и предотвращать проблемы, относящиеся к контролю качества на производстве, статистический контроль производ-

ственных процессов. STATISTICA Process Optimization совмещает все карты контроля качества, анализ процессов, планирование экспериментов, инструменты «Шесть сигма» и технологии Data Mining, включает:

- карты контроля качества, многомерные карты контроля качества, методы и анализы поведения процессов, планирования экспериментов, методы и схемы «Шесть сигма» объединены в полный набор современных техник, исследующих и предсказывающих добычи данных;
- стандартные методы контрольных карт и анализа тенденций и многомерные методы (MCUSUM, MEWMA,  $T^2$ );
- обнаружение причин снижения качества и других проблем;
- мониторинг и повышение ROI (коэффициента окупаемости инвестиций);
- предложение решений для повышения качества;
- мониторинг процессов в режиме реального времени через Web;
- создание и запуск QC/SPC приложений через Web;
- прогнозирование проблем контроля качества с помощью передовых методов data mining;
- использование многопоточных и распределенных процессов для высокоскоростной работы с большими объемами данных и др.

Пример применения системы STATISTICA 13 (последняя версия) на одном из этапов технологического процесса при контроле состава стальных заготовок приведен на рис. 5. По тем же данным построена диаграмма Парето (рис. 6).

Несмотря на разнообразие статистического программного обеспечения, в России чаще всего используется программный комплекс (приложение) Microsoft Excel. Это объясняется широким распространением русскоязычной версии данного ПО для персональных компьютеров. В программной среде MS Office приложение MS Excel выполняет функции электронной таблицы с достаточно мощной математической поддержкой решения задач, в которой определенные статистические процедуры являются дополнительнымистроенными формулами. Существует также макрос-дополнение XLSTAT-Pro для приложения MS Excel, включающее в себя более 50 статистических процедур.

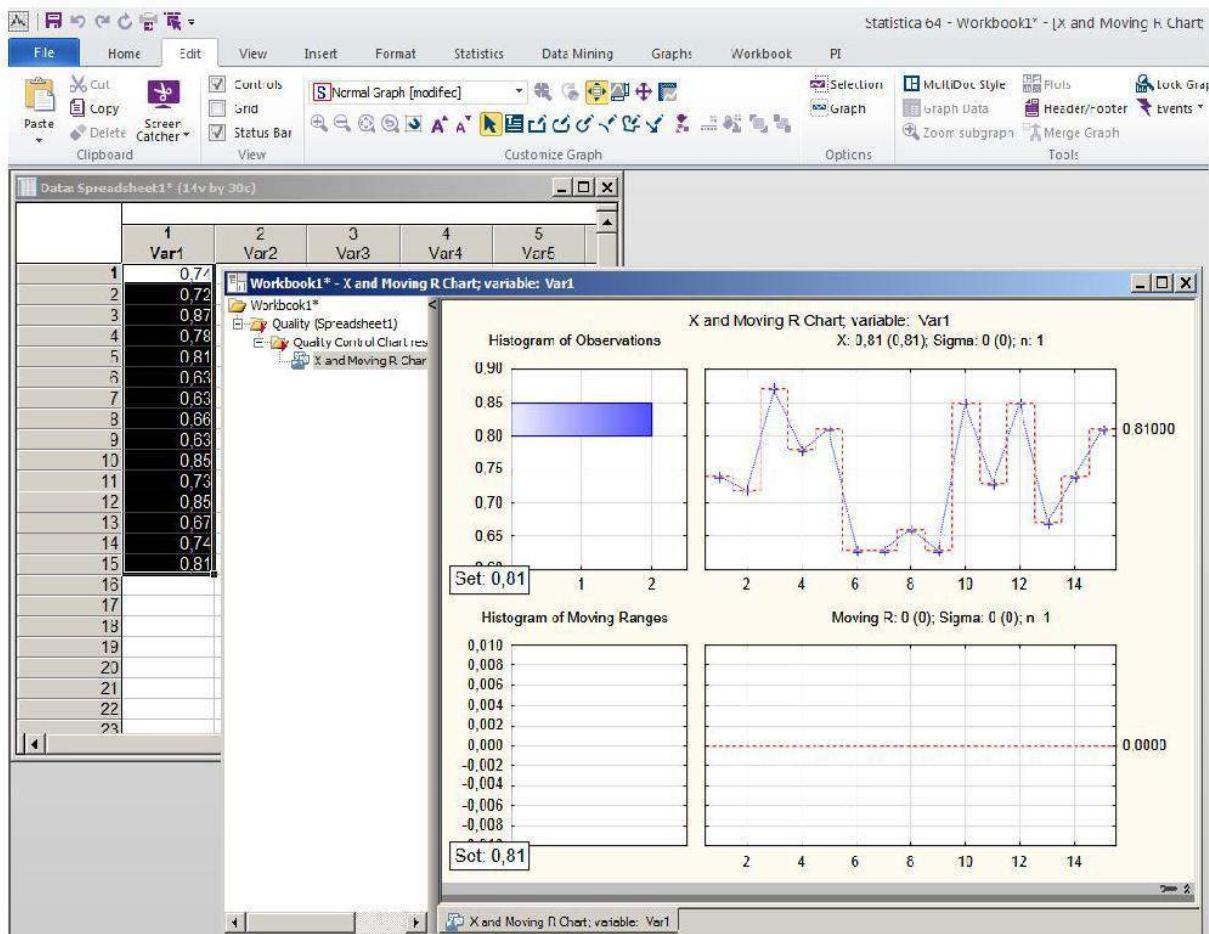


Рис. 5. “X и R” карта контроля качества

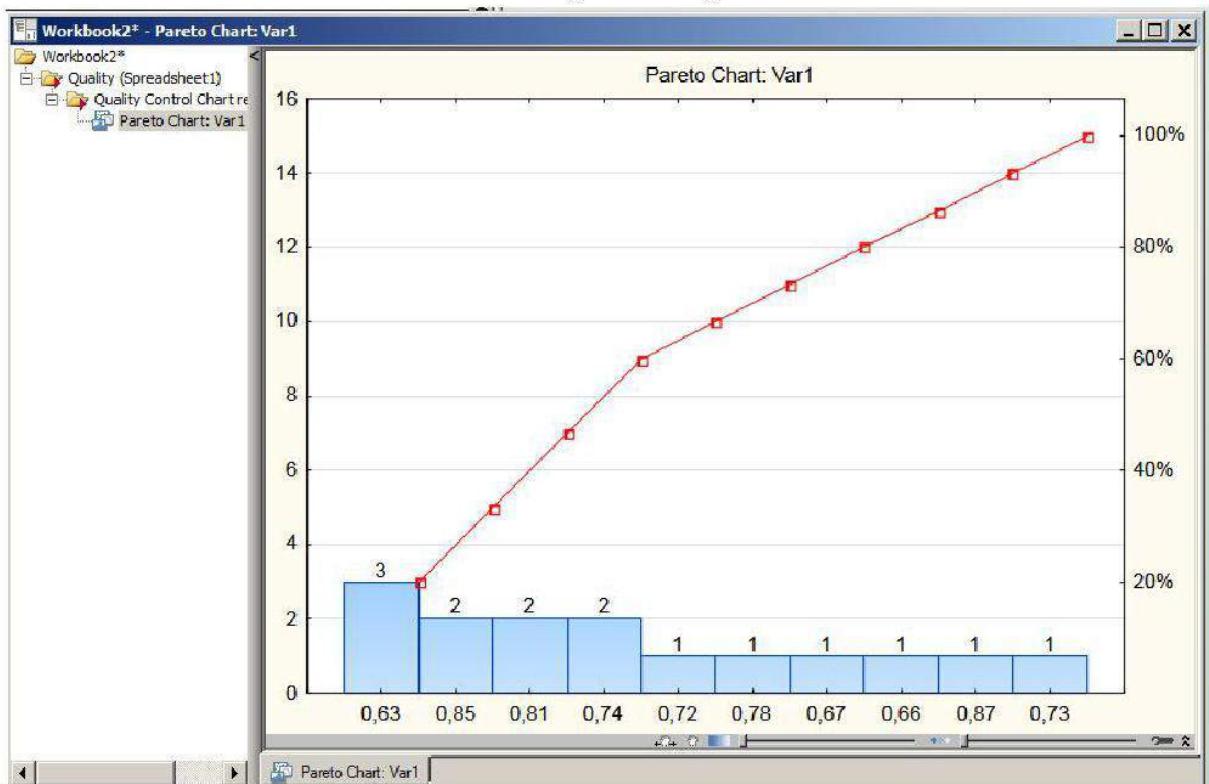


Рис. 6. Диаграмма Парето

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ НА ТЕМУ: СЕМЬ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА<sup>1</sup>

## РАБОТА №1

### 1. Моделирование выборки и определение ее характеристик

Выборка или выборочная совокупность – это часть генеральной совокупности элементов, которая охвачена экспериментом, или наблюдением, или опросом. Выборочный контроль на научной основе и есть статистический контроль качества продукции [8]. Предположим, что предприятие выпускает порядка 500 единиц продукции за смену. Чтобы оценить качество всей партии, необходимо оценить качество выборки. Как смоделировать реальные данные с помощью инструментария табличного процессора Excel мы и рассмотрим в данной лабораторной работе.

Запустите ЭТ Excel, создайте новый файл с именем E:\Э-23\СМКК\фамилия 1.xls (впишите свою фамилию ). Проверьте наличие опции «Анализ данных» на вкладке [Данные] (рис. 7).

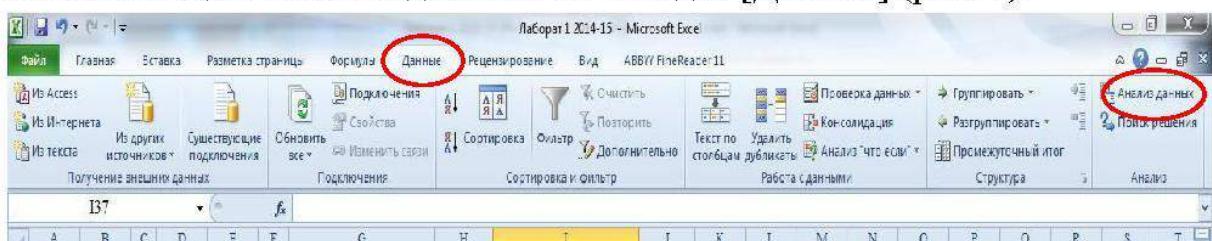


Рис. 7. Меню MS Excel

Если опции нет, подключите ее, для этого зайдите в меню Файл ► Параметры ► Надстройки. В нижней части открывшегося диалогового окна в разделе [Управление] выберите [Надстройки Excel] и нажмите на кнопку [Перейти] (рис. 8).

<sup>1</sup> Автор благодарит к.т.н. В.В. Заляжных, по материалам работы [5] составлен данный практикум.

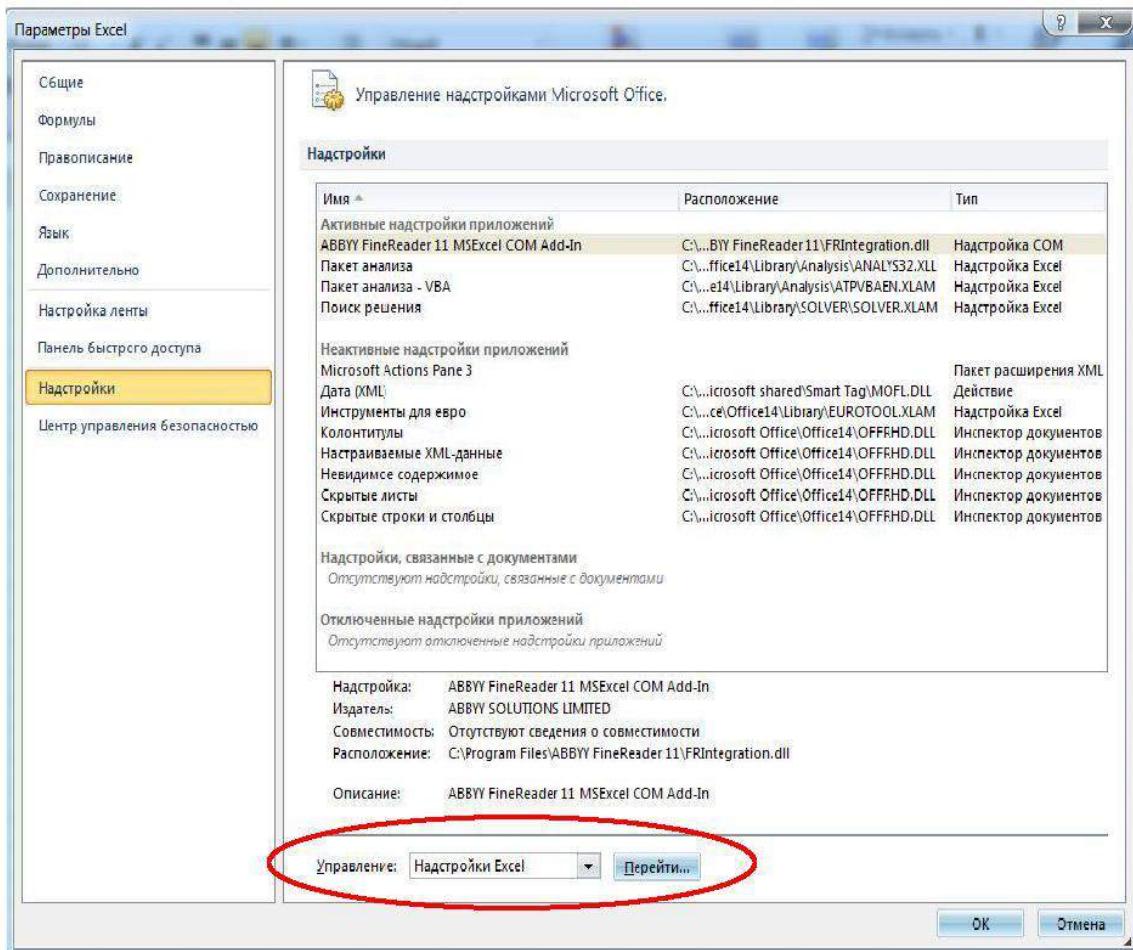


Рис. 8. Окно «Параметры Excel»

После чего откроется диалоговое окно [Надстройки] (рис. 9).

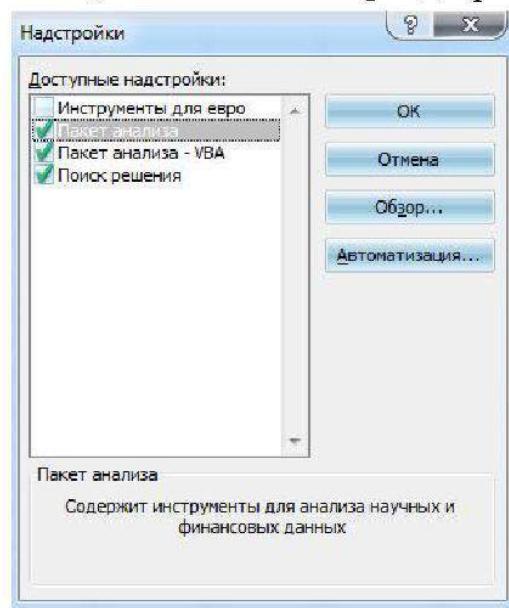


Рис. 9. Окно «Надстройки»

Отметьте инструмент <Пакет анализа> и нажмите [Ок].

На основной ленте Excel, вкладка [Данные], выберите пакет «Анализ данных», в который включены основные инструменты статистического анализа (рис. 10).

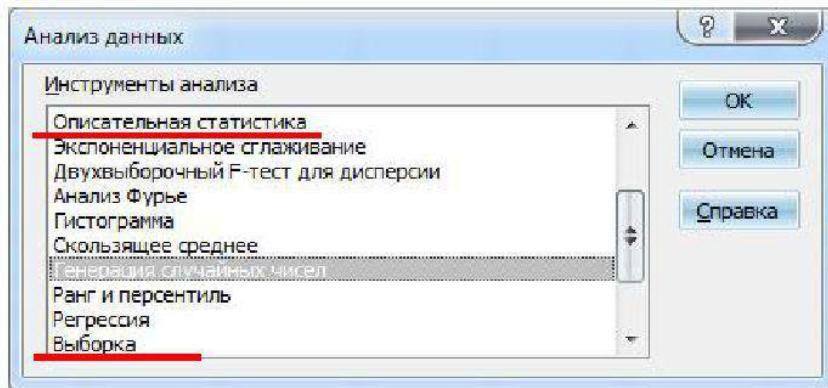


Рис. 10. Окно «Анализ данных»

Для моделирования данных используется инструмент <Генерация случайных чисел>, позволяющий моделировать данные с различными распределениями: нормальным, равномерным, биномиальным, дискретным, Бернуlli и другими.

Выберите инструмент <Генерация случайных чисел> и смоделируйте 2 столбца по 500 нормально распределенных чисел согласно своему варианту (табл. 2).

Таблица 2

Определение вариантов лабораторной работы

Порядковый номер студента в списке группы	Номер варианта	Среднее значение	Стандартное отклонение	Размер выборки
1, 11, 21	1	40	2	80
2, 12, 22	2	48	5	81
3, 13, 23	3	50	2	82
4, 14, 24	4	43	3	83
5, 15, 25	5	49	4	84
6, 16, 26	6	42	2	85
7, 17, 27	7	40	1	86
8, 18, 28	8	46	3	87
9, 19, 29	9	49	4	88
10, 20, 30	10	45	2	89

Например, если среднее значение задано как 40, а стандартное отклонение равно 2, то данные в диалоговое окно вводятся так, как показано на рис. 11. Результат можно вывести как на текущий лист, так и на новый или в новый файл. Поле [Случайное рассеивание] используется для фиксации определенной совокупности случайных чисел. Если оно не заполнено, каждый раз будет моделироваться новый набор случайных чисел. Если же в поле вписать определенное число, каждый раз будет моделироваться совокупность, соответствующая этому числу (одна и та же совокупность).

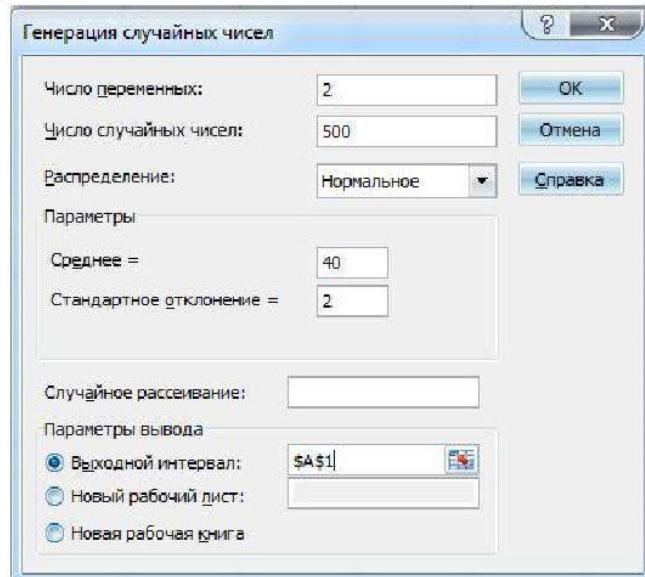


Рис. 11. Окно «Генерация случайных чисел»

Рассматривая сгенерированные данные как генеральную совокупность, организуйте из них две случайных выборки: по одной из каждого столбца размером  $N$  (согласно варианту). Для этого используется инструмент <Выборка>. Например, если необходимо сформировать выборку размером 70 из первого столбца, то данные вводятся следующим образом (рис. 12).

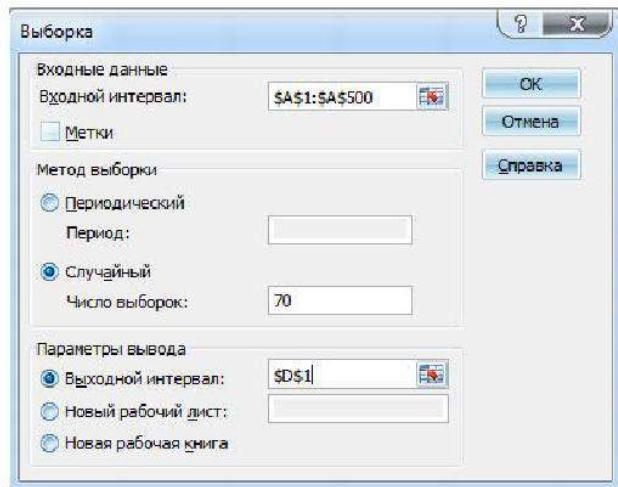


Рис. 12. Окно «Выборка»

Для того чтобы определить числовые характеристики выборки, можно воспользоваться; во-первых, встроенными статистическими функциями ЭТ Excel (рис. 13).

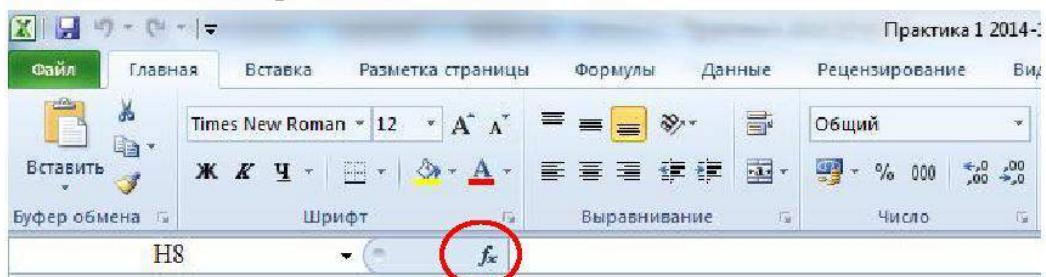


Рис. 13. Страна выбора функций

Во-вторых, большинство характеристик можно получить, используя инструмент <Описательная статистика> уже знакомого пакета «Анализ данных», на рис. 14 показано заполнение диалогового окна для нахождения характеристик.

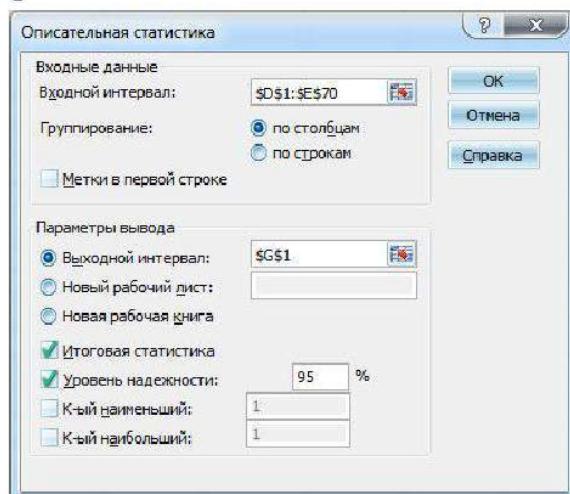


Рис. 14. Окно «Описательная статистика»

Получите все числовые характеристики выборки этими двумя путями для *обеих* выборок, отформатируйте полученные числовые характеристики таким образом, чтобы в дробной части было 3 знака, а размер выборки – число целое. Путь первый – рис. 15, оба пути – рис. 16.

Обратите внимание на то, что полученные числовые характеристики с помощью встроенных функций ЭТ Excel должны полностью совпасть с числовыми характеристиками, рассчитанными с помощью инструмента <Описательная статистика>.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	40,80046	35,81738		39,87791	39,90579		Столбец1		Столбец2	
2	40,22315	38,37398		37,00889	39,62971		Среднее	39,557	Среднее	40,294
3	41,25178	39,35215		40,13481	39,32549		Стандартная ошибка	0,208	Стандартная ошибка	0,242
4	45,78118	39,59994		40,17195	42,2909		Медиана	39,264	Медиана	39,920
5	45,13428	36,46508		38,87241	39,62971		Мода	40,198	Мода	39,630
6	38,53286	39,02129		38,50731	42,88059		Стандартное отклонение	1,743	Стандартное отклонение	2,022
7	41,01509	39,32549		37,02286	40,24549		Дисперсия выборки	3,038	Дисперсия выборки	4,090
8	39,04108	41,55984		41,32349	42,06583		Эксцесс	0,014	Эксцесс	0,124
9	38,94046	43,73502		39,10276	41,54701		Асимметричность	0,281	Асимметричность	0,504
10	42,65322	42,76662		39,15575	44,73352		Интервал	8,275	Интервал	9,207
11	42,32485	37,87995		39,08003	39,54279		Минимум	35,697	Минимум	36,162
12	36,83548	38,27621		39,77423	40,74015		Максимум	43,972	Максимум	45,369
13	40,5765	45,59026		39,84539	40,25489		Сумма	2769,009	Сумма	2820,550
14	35,57633	40,97526		39,00834	39,98355		Счет	70,000	Счет	70,000
15	39,07714	39,91759		42,20628	41,19605		Уровень надежности(95,0%)	0,416	Уровень надежности(95,0%)	0,482
16	38,28241	41,58171		39,59557	39,59713					
17	39,50896	38,2711		37,39862	38,91201					

Рис. 15. Результат расчета 1

Лаборат 1 2014-15 - Microsoft Excel										
Файл	Главная	Вставка	Разметка страницы	Формулы	Данные	Рецензирование	Вид	ABBYY FineReader		
Из Access	Главная	Вставка	Разметка страницы	Формулы	Данные	Рецензирование	Вид	ABBYY FineReader		
Из Интернета	Из других источников	Существующие подключения	Обновить все	Подключения	Свойства	Изменить связи	Сортировка	А Я	Очистить	
Из текста							Сортировка	Фильтр	Повторить	Дополнительно
										Текст
Получение внешних данных				Сортировка и фильтр						
Q42				fx						
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	40,80046	35,81738	39,87791	39,90579			Столбец1		Столбец2	
3	40,22315	35,37398	37,00889	39,62971			Среднее	39,557	Среднее	40,294
4	41,25178	39,35215	40,13481	39,32549			Стандартная ошибка	0,208	Стандартная ошибка	0,242
5	45,78118	39,59994	40,17195	42,2909			Медиана	39,264	Медиана	39,920
6	45,13428	36,46508	38,87241	39,62971			Мода	40,198	Мода	39,630
7	38,53286	39,02129	38,50731	42,88059			Стандартное отклонение	1,743	Стандартное отклонение	2,022
8	41,01509	39,32549	37,02286	40,24549			Дисперсия выборки	3,038	Дисперсия выборки	4,090
9	39,04108	41,55984	41,32349	42,06583			Экспесс	0,014	Экспесс	0,124
10	42,65322	42,76662	39,15575	44,73352			Асимметричность	0,281	Асимметричность	0,504
11	42,32485	37,87995	39,08003	39,54279			Интервал	8,275	Интервал	9,207
12	36,83548	38,27621	39,77423	40,74015			Минимум	35,697	Минимум	36,162
13	40,5765	45,59026	39,84539	40,25489			Максимум	43,972	Максимум	45,369
14	35,57633	40,97526	39,00834	39,98355			Сумма	2769,009	Сумма	2820,550
15	39,07714	39,91759	42,20628	41,19605			Счет	70	Счет	70
16	38,28241	41,58171	39,59557	39,59713			Уровень надежности(95,0%)	0,416	Уровень надежности(95,0%)	0,482
17	39,50896	38,2711	37,39862	38,91201						
18	43,69298	39,90579	39,89323	39,93473						
19	37,60361	37,87377	39,86748	41,41458			Статистические функции			
20	39,47103	41,27081	36,68496	45,36907			Столбец1		Столбец2	
21	40,47686	39,27326	39,3169	36,90522			Среднее	39,557	Среднее	40,294
22	40,62725	44,01993	38,9762	38,83472			Стандартная ошибка	0,208	Стандартная ошибка	0,242
23	40,03022	40,11412	38,28816	39,65272			Медиана	39,264	Медиана	39,920
24	36,32289	38,50023	42,28913	41,69842			Мода	40,198	Мода	39,630
25	41,38079	39,96932	40,05868	42,01943			Стандартное отклонение	1,743	Стандартное отклонение	2,022
26	42,07262	42,95554	40,19807	42,44218			Дисперсия выборки	3,038	Дисперсия выборки	4,090
27	37,87215	43,12347	39,21063	41,70589			Экспесс	0,014	Экспесс	0,124
28	39,15575	44,73352	38,35989	39,28502			Асимметричность	0,281	Асимметричность	0,504
29	39,46707	42,61211	39,06981	36,9848			Интервал	8,275	Интервал	9,207
30	38,59953	36,62868	39,00903	44,02455			Минимум	35,697	Минимум	36,162
31	39,70727	40,26338	40,19807	40,03527			Максимум	43,972	Максимум	45,369
32	40,82272	40,10355	40,30016	41,96392			Сумма	2769,009	Сумма	2820,550
33	39,44579	42,75275	39,2002	37,9005			Счет	70	Счет	70
34	43,25836	39,94836	42,65322	39,80254			Уровень надежности(95,0%)		Уровень надежности(95,0%)	

Рис. 16. Результат расчета 2

## 2. Графическое представление данных

Графики являются наиболее визуализированным средством среди семи простых статистических инструментов качества. Графики обеспечивают простоту, наглядность, визуализацию, т.е. это методы, которые можно понять и эффективно использовать без специальной математической подготовки. В то же время, при всей своей простоте эти методы позволяют сохранить связь со статистикой и дают возможность профессионалам при необходимости их совершенствовать.

Графики дают возможность оценить состояние процесса на данный момент, а также спрогнозировать более отдаленный результат по тенденциям процесса, которые можно обнаружить на графиках (конечно, надо учитывать, что такие прогнозы могут быть во многих случаях достаточно условными). При отражении на графике изменения данных во времени график называют временным рядом.

Обычно используют следующие виды графиков: выраженная ломаная линия, ленточный, столбчатый, круговой.

График, выраженный **ломаной линией**, применяется, когда необходимо самым простым способом представить изменение данных за определенный период времени, например, изменение удельного веса ветхого и аварийного жилищного фонда в общей площади всего жилищного фонда РФ, изменение объема производства или доли дефектных изделий, динамика показателя «Природоохранное строительство», изменение природной среды (атмосферы, воды, почвы) в результате наличия в ней примесей [1, 6].

**Пример 1.** Покажем, как при помощи линейного графика визуализировать характер изменения объемов поступления загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы РФ, а также исследовать прогноз этих поступлений на ближайшие два года. Исходные данные занесены в табл. 3.

*Таблица 3*

**Поступление загрязняющих веществ со сточными водами  
в водоемы РФ, млрд м<sup>3</sup>**

	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Объем сброса сточных вод	55,6	50,9	49,2	48,1	45,5	42,9	43,9

По данным Росводресурсов, Российский статистический ежегодник. 2015: Стат.сб./Росстат. – М., 2015. – 728 с.

Создаем новый лист Excel в текущем файле. Вводим заголовок работы, а также исходные данные в соответствии с табл. 3, после чего строим линейный график с помощью мастера диаграмм, вкладка Вставка►График, тип – «отображение развития процесса с течением времени». Полученный график отредактируйте при помощи контекстных меню, так как на образце (рис. 17).



**Рис. 17.** График изменения объема сточных вод

Для редактирования внешнего вида диаграммы используйте инструмент <Работа с диаграммами> и три вкладки: [Конструктор], [Макет] и [Формат] (рис. 18).



**Рис. 18.** Инструмент «Работа с диаграммами»

Шрифт всех подписей установите следующий: Times New Roman, размер 12 для заголовка диаграммы и 10 для остального текста, заголовок диаграммы и названия осей – полужирный. Эти требования примените для оформления графиков в последующих задачах.

Покажем, как исследовать прогноз поступлений загрязняющих веществ в водоемы РФ на ближайшие два года с помощью линии тренда, для построения которой достаточно открыть контекстное меню на ломаной линии и выбрать команду «Добавить линию тренда». В открывшемся диалоговом окне показаны возможные типы линии тренда (рис. 19). Чтобы выбрать тип линии, наилучшим образом аппроксимирующий данные в краткосрочном прогнозе, необходимо добиться значения  $R^2$  приближенного к 1. Переберите различные типы тренда: линейный, логарифмический, полиномиальный 2-й степени, степенной и экспоненциальный, задав для каждой линии на вкладке

[Параметры линии тренда] прогноз вперед на две единицы и выберите, наиболее приемлемый.

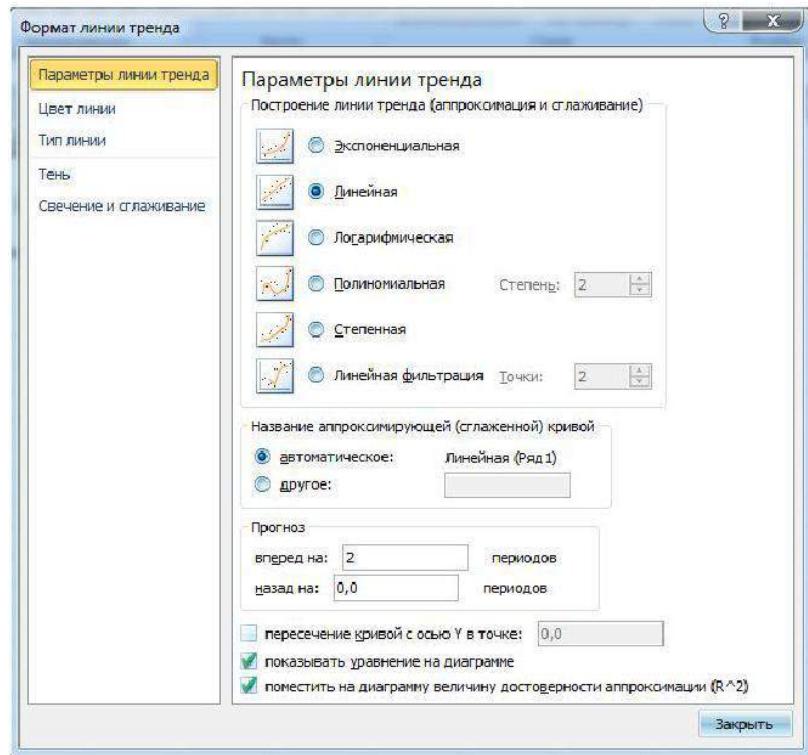


Рис. 19. Окно «Формат линии тренда»

На рис. 20 представлена некорректно подобранная линия тренда.

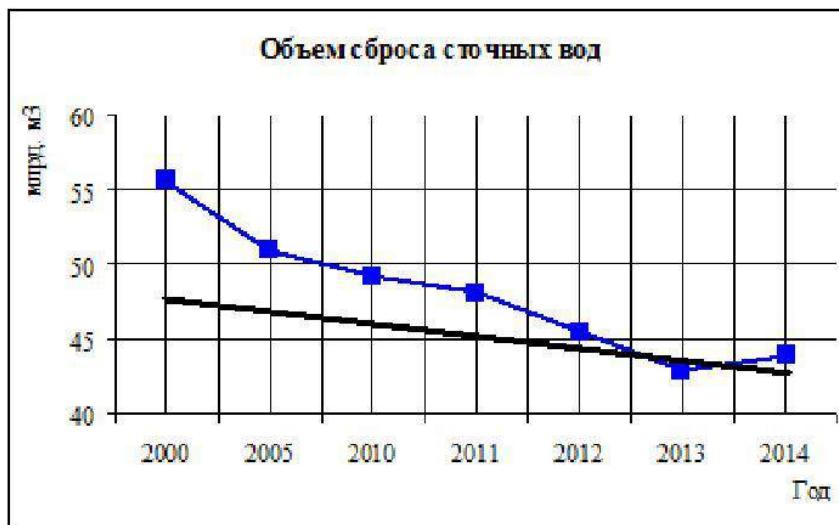


Рис. 20. Результат подбора тренда

**Столбчатый график** представляет количественную зависимость, выраженную высотой столбика. Например, зависимость объемов загрязнений от сброса сточных вод, сумма коммерческих потерь в

результате выпуска бракованных изделий и т.д. Наиболее известны следующие разновидности столбчатого графика – гистограмма и диаграмма Парето. При построении графика по оси ординат откладывают количество факторов, влияющих на изучаемый процесс (в данном случае изучение стимулов к покупке изделий). По оси абсцисс – факторы, каждому из которых соответствует высота столбики, зависящая от числа (частоты) проявления данного фактора. Обычно столбики показывают на графике в порядке убывания высоты справа налево. Если в числе факторов имеется группа «Прочие», то соответствующий столбик на графике показывают крайним справа.

**Пример 2.** В табл. 4 даны исходные данные, постройте столбчатый график на листе 3. Результат приведите к виду как показано на рис. 21.

Таблица 4

Исходные данные к примеру 2

Факторы, влияющие на качество производства товара	Число проявлений
Сырье	40
Квалификация рабочих	15
Использование современных технологий производства	20
Организации производства и труда	10
Система стандартизации	5
Прочие	10

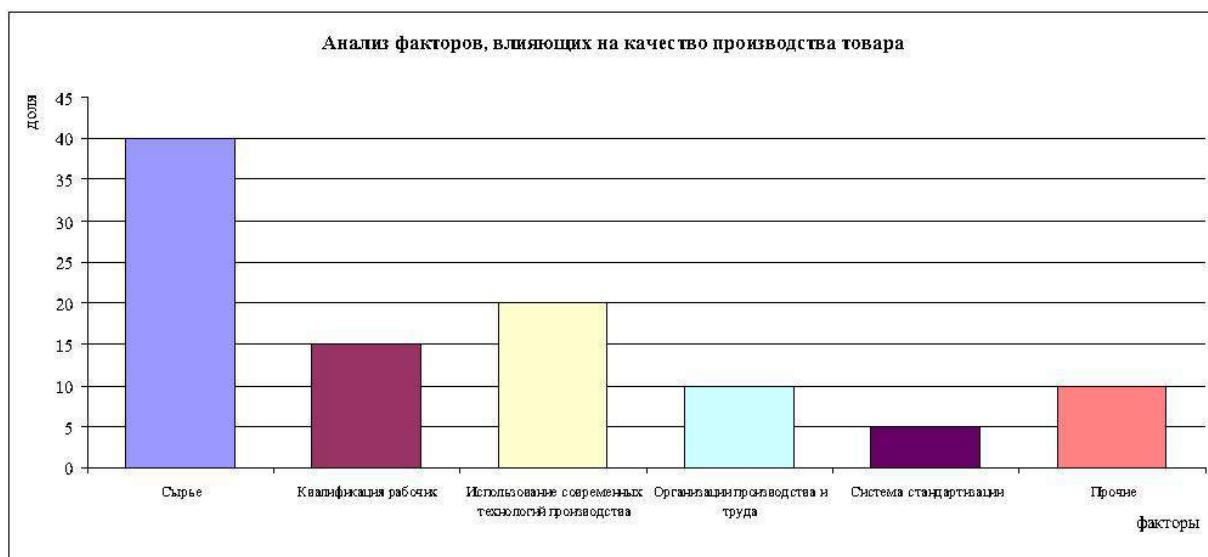


Рис. 21. Столбчатый график

**Круговым графиком** выражают соотношение составляющих целого параметра, например, соотношение показателей поломок; соотношение элементов, влияющих на качество питьевой воды и т.д.

**Пример 3.** В 2015 г. завод «Ростсельмаш» (Ростов-на-Дону) представил сельхозпроизводителям зерноуборочный комбайн Acros 595 Plus, отличающийся высокими показателями качества.

Наиболее показательным является использование кругового графика для визуализации надежности данного комбайна (рис. 22 и 23), исходные данные для построения кругового графика взяты на портале <http://www.agrobook.ru/> и приведены в табл. 5 и 6. Постройте круговые графики на листе 4, оформляя свое решение в соответствии с правилами, описанными ранее.

*Таблица 5*

#### **Показатели поломок в первый год работы**

№ п/п	Вид / локализация отказа	Количество отказов
1	Разрыв цепи ПР-25,4-65 от битера наклонной камеры на верхний вал цепного транспортера	2
2	Износ цепи транспортера	3
3	Изгиб и затупление ножей измельчителя	3
4	Излом резьбовой части штока гидроцилиндра поперечного копирования.	1
5	Наработка машин: кол-во отказов на 35 га.	1
6	Износ ремней, поломка болтов, разрушение сепараторов подшипников и др	15
	Всего отказов	25

#### **Анализ поломок комбайна Acros 595 Plus в первый год работы**



**Рис. 22. Круговой график 1**

Таблица 6

**Показатели поломок во второй год работы**

№ п/п	Вид / локализация отказа	Количество отказов
1	Разрыв цепи ПР-25,4-65 от битера наклонной камеры на верхний вал цепного транспортера	4
2	Износ цепи транспортера	2
3	Изгиб и затупление ножей измельчителя	4
4	Излом резьбовой части штока гидроцилиндра поперечного копирования.	1
5	Разрушение сепаратора подшипника, разрыв ремня, износ ступицы шкива.	3
6	Наработка машин: кол-во отказов на 43 га.	1
7	Излом рычага грохота, вала привода измельчителя, травма шкворня поворотного кулака управляемых колес и др	5
	Всего отказов	20

**Анализ поломок комбайна Acros 595 Plus во второй год работы**

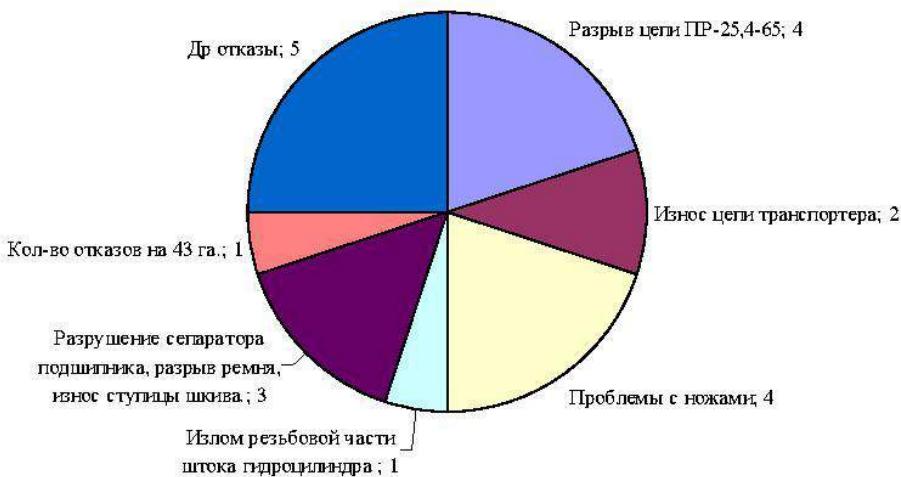


Рис. 23. Круговой график 2

*Сравните результаты круговых графиков, сделайте вывод.*

**Ленточный график** – это хронограмма, предназначенная для учета времени пребывания объекта на одной технологической стадии. Поскольку на каждую операцию отводится строго определенное количество времени, на графике все операции выстраиваются последовательно и напротив каждой операции ставится время, необходимое для ее выполнения в виде отрезка ленты (рис. 24).

Ленточный график применяется, как и круговой, для наглядного представления соотношения составляющих какого-либо параметра, но вместе с этим он одновременно отражает изменение этих составляющих во времени.

**Пример 4.** Построим ленточный график в виде диаграммы Ганта по данным, приведенным в табл. 7.

Таблица 7

**Хронограмма работы аппарата**

№ п/п	Операция	Время, мин
1	Осмотр	10
2	Загрузка сырья	40
3	Размешивание	20
4	Отбор пробы	30
5	Выгрузка	20

Для построения необходимо выполнить следующие шаги.

1. Перейдите на новый лист вашей книги Excel и впишите исходные числовые данные в диапазон C1:C5, в ячейку B1 впишите 0, а в диапазоне B2:B5 рассчитайте кумуляту по данным столбца С.
2. Выделите диапазон B1:C5, выполните команду Вставка ► Диаграммы ► Гистограмма ► Все типы диаграмм и выберите тип Линейчатая с накоплением. Удалите легенду. Нажмите кнопку [OK].
3. Выделите вертикальную ось, нажав [Ctrl+1] или вызовите контекстное меню правой кнопкой мыши, чтобы открыть диалоговое окно <Формат оси>.
4. В диалоговом окне <Формат оси> перейдите в раздел <Параметры оси> (Шкала) и установите флажки в поля «обратный порядок категорий» для отображения задач по порядку, начиная с верхней и в поле «пересечение с осью Y (значений) в максимальной категории» для отображения даты в нижней части. Нажмите кнопку [Ок] или [Закрыть].
5. Уберите заливку области построения графика, если необходимо.
6. Выделите ряд данных диапазона B1:B5, откройте диалоговое окно <Формат рядов данных>. Перейдите в раздел <Заливка> и установите переключатель в положение <Нет заливки> (Прозрачная), затем

перейдите в раздел <Цвет границы> (Граница) и установите переключатель в положение <Нет линий> (Невидимая). Выполнив эти действия, нажмите кнопку [Ок] ([Закрыть]). Эти действия скроют первичные ряды данных и оставят только накопленный ряд.

7. Выберите элемент <Горизонтальная ось (значение)> и вызовите диалоговое окно <Формат оси>. В окне <Формат оси>, при необходимости, настройте параметры минимальное значение и максимальное значение.
8. Выделите область построения и вызовите диалоговое окно <Параметры диаграммы>, уберите основные линии по оси Y.
9. Для Excel 2003. Выделите ряд данных диапазона C1:C5, откройте диалоговое окно <Формат ряда данных>. Перейдите в раздел <Параметры> и установите флажок в поле «Соединить значения ряда». Для версий Excel 2007 и выше. Выделите область графика, перейдите по меню: Макет►Анализ►Линии и выберите пункт «Показывать линии ряда...».
10. Примените другие параметры форматирования по желанию.

В результате всех действий должен получиться график, приведенный на рис. 24.

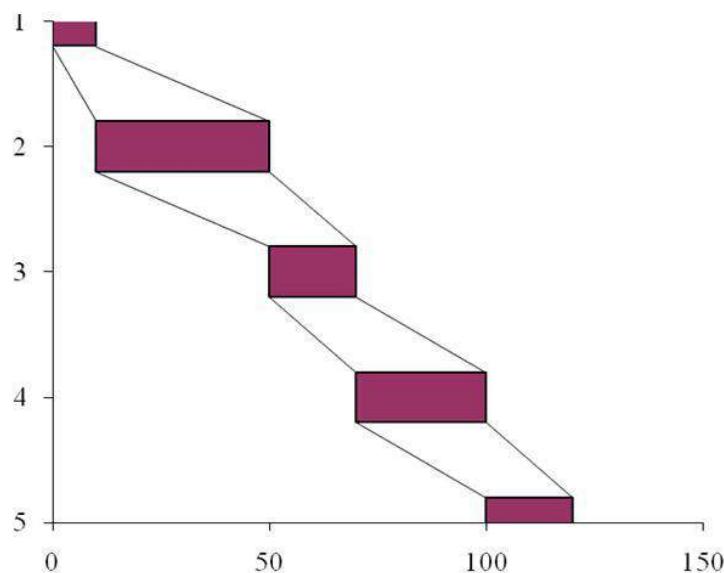


Рис. 24. Ленточный график

**Задание.** Прорешайте примеры 1–3 с новыми данными, полученными путем моделирования (инструмент <Генерация случайных чисел>), согласно варианту (табл. 8). Полученные случайным образом данные должны быть похожими на примеры (например, количество отказов лежит

в интервале [1, 8] и является целым числом для примера 2). Интервалы для примеров 2 и 3, среднее значение и стандартное отклонение определите самостоятельно. Покажите преподавателю все полученные результаты, переименовав листы в соответствии с выполненным заданием.

*Таблица 8*

**Определение вариантов самостоятельной работы для моделирования**

Порядковый номер студента в списке группы	Номер варианта	Размер выборки для примера 1	Интервал для примера 1	Размер выборки для примера 2	Размер выборки для примера 3
1, 11, 21	1	8	[40, 50]	5	6
2, 12, 22	2	9	[45, 55]	6	7
3, 13, 23	3	10	[50, 60]	7	8
4, 14, 24	4	8	[35, 45]	5	6
5, 15, 25	5	9	[40, 60]	6	7
6, 16, 26	6	10	[45, 50]	7	8
7, 17, 27	7	8	[35, 50]	5	6
8, 18, 28	8	9	[30, 50]	6	7
9, 19, 29	9	10	[35, 55]	7	8
10, 20, 30	10	8	[40, 55]	5	6

**Вопросы**

1. Что такое выборка?
2. Как смоделировать генеральную совокупность с помощью инструмента <Генерация случайных чисел>, таким образом, чтобы данные не повторялись?
3. Как смоделировать выборку с помощью ЭТ Excel?
4. Перечислите виды графиков, использующихся для контроля качества.
5. В каких случаях применяется графическое представление данных в виде ломаной линии?
6. Какой вывод можно сделать по аппроксимирующей линии?
7. В каких случаях применяется графическое представление данных в виде столбчатого графика?
8. В каких случаях применяется графическое представление данных в виде кругового графика?
9. В каких случаях применяется графическое представление данных в виде ленточного графика?

## РАБОТА №2

### 1. Гистограммы

**Гистограмма** – это серия столбиков одинаковой ширины, но разной высоты, показывающая рассеяние и распределение данных. Ширина столбика – это интервал в диапазоне наблюдений, высота – количество данных, приходящихся на тот или иной интервал, т.е. частость. По существу, гистограмма отображает распределение исследуемого показателя. Гистограмма позволяет оценить характер рассеивания показателя и разобраться в том, на чём следует сосредоточить усилия по улучшению.

Продолжаем работать с файлом, созданным на лабораторной работе №1, файл «фамилия 1.xlsx».

Наиболее простой способ построения гистограммы частот в ЭТ Excel – использование инструмента <Гистограмма> в пакете «Анализ данных». Построим гистограмму частот и график выборочной функции распределения (в терминологии Excel – интегральный процент: значения накопленных относительных частот вычисляются в %) для первой выборки (вернитесь на лист 1 😊) (рис. 25).

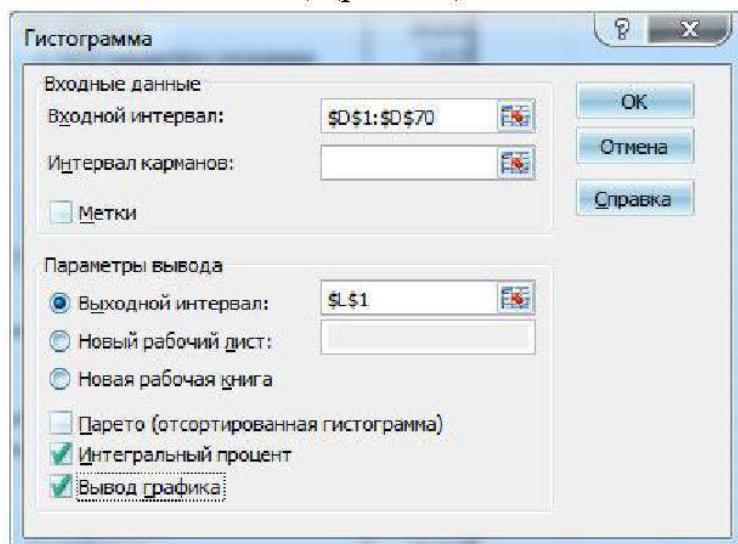


Рис. 25. Окно «Гистограмма»

Если поле [Интервал карманов] (= границы интервалов) не заполнять, границы будут определены автоматически. Результат сравните с рис. 26.

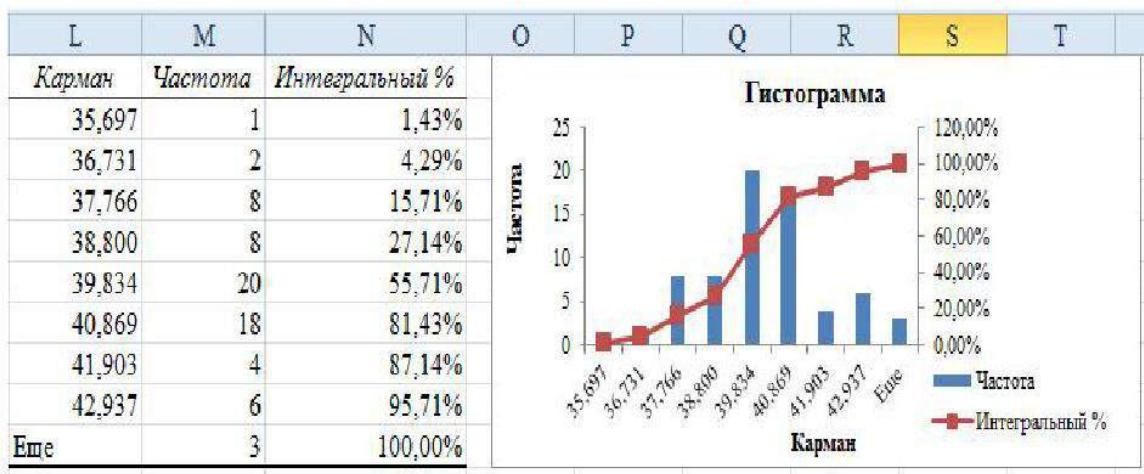


Рис. 26. Результат построения гистограммы

Аналогичным образом постройте гистограмму для второй выборки.

Для изменения числа интервалов надо подготовить исходные данные, рассчитав их вручную. Предположим, что выборку необходимо распределить на 10 интервалов, тогда для описываемого примера ширина каждого интервала = 0,8275. Для своих данных ширину интервала рассчитайте самостоятельно. Необходимо подготовить следующие исходные данные для инструмента <Гистограмма>: для ввода в поле [Интервал карманов] нужно иметь массив, состоящий из 10 нижних границ каждого из 10 интервалов плюс верхняя граница последнего, т.е. 11 значений. Рассчитайте столбец самостоятельно (рис. 27).

Карман
35,697
36,524
37,352
38,179
39,007
39,834
40,662
41,489
42,317
43,144
43,972

Рис. 27. Расчет «карманов»

Снимите флажок «Интегральный процент» и получите гистограмму для 10 интервалов (рис. 28).

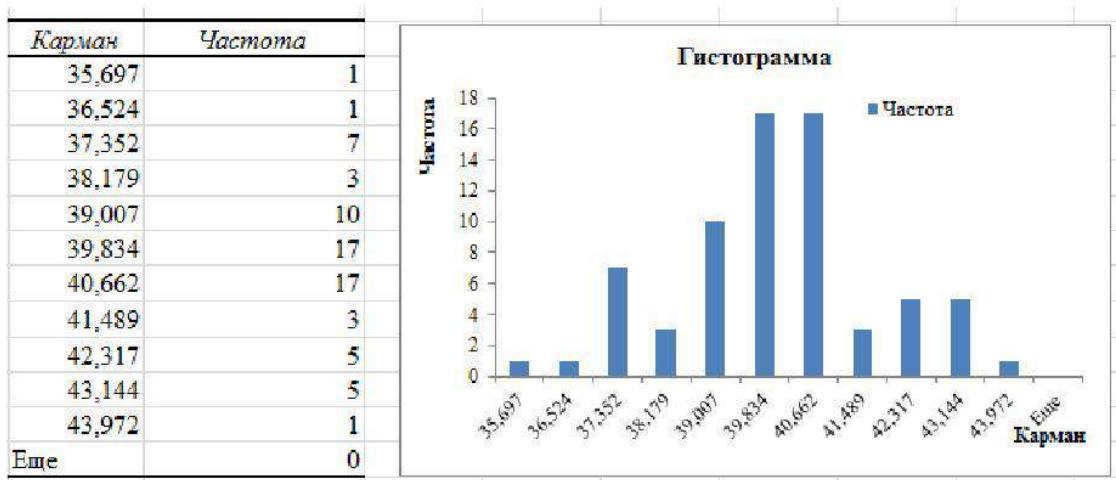


Рис. 28. Гистограмма по выборке 2

Аналогичным образом постройте гистограмму для второй выборки.

**Вопрос.** В чем разница между гистограммами, построенными полностью с помощью инструмента <Гистограмма> и в случае с рассчитанными вручную интервалами карманов.

**Пример.** Выявить характер рассеяния показателя качества такого изделия, как резьбовое соединение обсадных труб с помощью гистограммы. Порядок построения гистограммы следующий.

1. Определяем исследуемый показатель качества. В данном случае это внутренний диаметр резьбового соединения, контролируемый в процессе производства.
2. Проводим измерения. Желательно иметь не менее 30...50 данных, оптимально – около 100 (табл.9).

Таблица 9

Результаты измерений внутреннего диаметра

0,9	1,5	0,9	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,2	1,0
0,6	0,1	0,7	0,8	0,7	0,8	0,5	0,8	1,2	0,6
0,5	0,8	0,3	0,4	0,5	1,0	1,1	0,6	1,2	0,4
0,6	0,7	0,5	0,2	0,3	0,5	0,4	1,0	0,5	0,8
0,7	0,8	0,3	0,4	0,6	0,7	1,1	0,7	1,2	0,8
0,8	1,0	0,6	1,0	0,7	0,6	0,3	1,2	1,4	1,0
1,0	0,9	1,0	1,2	1,3	0,9	1,3	1,2	1,4	1,0
1,4	1,4	0,9	1,1	0,9	1,4	0,9	1,8	0,9	1,4
1,1	1,4	1,4	1,4	0,9	1,1	1,4	1,1	1,3	1,1
1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,7	1,8	1,5

Результаты измерений вводим в ЭТ, для этого создаем новый лист. В ячейку А1 вводим заголовок работы. Начиная с ячейки А3 вводим в столбец порядковые номера измерений с 1 по 100, это можно сделать двумя путями. Путь первый: в ячейку А3 запишите целое число 1, в ячейку А4 впишите формулу [=А3+1], скопируйте эту формулу в диапазон А5:А102. Путь второй: заполните диапазон А3:А102 при помощи инструмента <Заполнить>, расположенного на вкладке [Главная], команда «Прогрессия» (рис. 29).

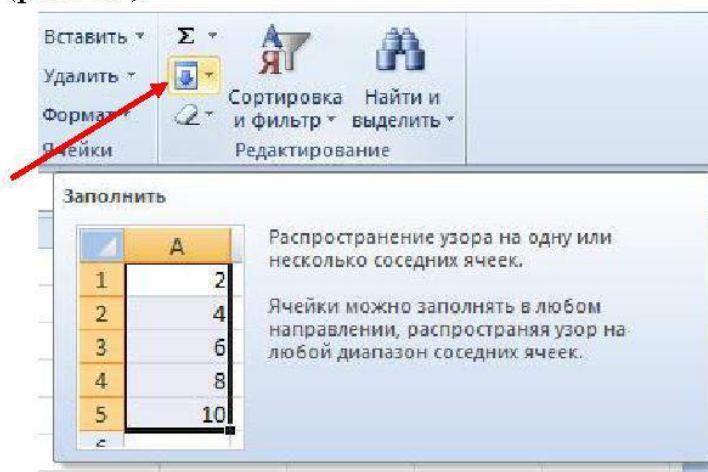


Рис. 29. Инструмент «Прогрессия»

Для этого впишите в ячейку А3 значение=1, наведите курсор мыши на правый нижний угол ячейки и, когда курсор станет тонким черным крестом, при нажатой ПРАВОЙ кнопке мыши протащите маркер заполнения вниз по столбцу до ячейки А102 включительно. Во всех ячейках отобразится значение=1. Зайдите в инструмент <Заполнить>, выберите команду «Прогрессия», в поле «Предельное значение» введите значение=100 и нажмите [Ок].

В ячейки В3:В102 вводим измеренные значения из табл. 9.

3. Находим минимальное и максимальное значение выборки, записав в ячейках Е3 и Е4 соответственно.
4. Находим размах выборки, записывая в ячейку Е5.
5. Определяем предварительное количество интервалов с помощью формулы Стерджесса, записывая результат в ячейку Е6. Поскольку количество интервалов должно быть целым числом, примените математическую функцию ОКРУГЛ, для этого в поле

«число\_разрядов» впишите значение =0. В результирующей формуле должны быть использованы функции: ОКРУГЛ, LOG10, СЧЁТ.

6. Определяем ширину интервала в ячейке Е7.
7. Вводим номера интервалов в диапазон D10: D17.
8. Рассчитываем границы и середины интервалов.
9. Подсчитываем частоты появления результатов измерений в интервалах. В ячейке Н10 рассчитываем частоту для первого интервала при помощи статистической функции СЧЁТЕСЛИ. Функция СЧЁТЕСЛИ подсчитывает количество непустых ячеек в указанном диапазоне, удовлетворяющих заданному условию. Следует подсчитать, сколько раз в диапазоне В3:В102 встречаются ячейки, значения которых находятся в границах первого интервала, т.е. больше и равно 0,1, но меньше 0,32. Таким образом, надо подсчитать ячейки, значения которых удовлетворяют двойному условию. Однако функция СЧЁТЕСЛИ использует только одинарное условие. Поэтому в формуле, записываемой в ячейке Н10, функцию СЧЁТЕСЛИ используем дважды. Сначала в функции СЧЁТЕСЛИ вводим диапазон В3:В102 и условие “>0,1” (к сожалению, нельзя указать условие “>Е10”, ссылаясь на значение нижней границы интервала, поскольку функция СЧЁТЕСЛИ использует условие критерий в форме числа, выражения или текста, но не в форме ссылки на ячейку). Затем переводим курсор в строку формул, ставим знак минус, вновь вводим функцию СЧЁТЕСЛИ, указываем в ней диапазон В3:В102 и условие “>0,32”. В результате получаем расчётную формулу:

=СЧЁТЕСЛИ(В3:В102;">=0,1")-СЧЁТЕСЛИ(В3:В102;">=0,32"),

по которой рассчитывается частота для первого интервала. После указания абсолютной адресации для интервалов, формула приобретает следующий вид:

=СЧЁТЕСЛИ(\$B\$3:\$B\$102;">=0,1")-СЧЁТЕСЛИ(\$B\$3:\$B\$102;">=0,32")

Копируем эту формулу в диапазон Н11:Н17. Поскольку в копируемой формуле границы интервалов были указаны численными значениями, то в формулах ячеек диапазона Н11:Н17 следует исправить численные значения границ на соответствующие тому или иному диапазону. Просуммируйте все полученные частоты в ячейке Н18, значение должно быть равно 100 (объем измерений), иначе – ищите ошибку.

Результаты расчётов показаны на рис. 30.

	H10																																																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L																																								
1																																																				
2	№ п.п	Значения																																																		
3	1	0,9	Миним	0,1																																																
4	2	0,6	Максим	1,8																																																
5	3	0,5	Размах	1,7																																																
6	4	0,6	Кант	8																																																
7	5	0,7	Н	0,22																																																
8	6	0,8																																																		
9		1,0																																																		
10	7		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер инт</th> <th>Нижн гр</th> <th>Верхн гр</th> <th>Сере дина</th> <th>Частота, f</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>0,10</td><td>0,32</td><td>0,210</td><td>6</td></tr> <tr> <td>2</td><td>0,32</td><td>0,54</td><td>0,430</td><td>10</td></tr> <tr> <td>3</td><td>0,54</td><td>0,76</td><td>0,650</td><td>14</td></tr> <tr> <td>4</td><td>0,76</td><td>0,98</td><td>0,870</td><td>18</td></tr> <tr> <td>5</td><td>0,98</td><td>1,20</td><td>1,090</td><td>20</td></tr> <tr> <td>6</td><td>1,20</td><td>1,42</td><td>1,310</td><td>20</td></tr> <tr> <td>7</td><td>1,42</td><td>1,64</td><td>1,530</td><td>9</td></tr> <tr> <td>8</td><td>1,64</td><td>1,86</td><td>1,750</td><td>3</td></tr> </tbody> </table>					Номер инт	Нижн гр	Верхн гр	Сере дина	Частота, f	1	0,10	0,32	0,210	6	2	0,32	0,54	0,430	10	3	0,54	0,76	0,650	14	4	0,76	0,98	0,870	18	5	0,98	1,20	1,090	20	6	1,20	1,42	1,310	20	7	1,42	1,64	1,530	9	8	1,64	1,86	1,750	3
Номер инт	Нижн гр	Верхн гр	Сере дина	Частота, f																																																
1	0,10	0,32	0,210	6																																																
2	0,32	0,54	0,430	10																																																
3	0,54	0,76	0,650	14																																																
4	0,76	0,98	0,870	18																																																
5	0,98	1,20	1,090	20																																																
6	1,20	1,42	1,310	20																																																
7	1,42	1,64	1,530	9																																																
8	1,64	1,86	1,750	3																																																
11	8	1,4																																																		
12	9	1,1																																																		
13	10	1,5																																																		
14	11	1,5																																																		
15	12	0,1																																																		
16	13	0,8																																																		
17	14	0,7																																																		
18	15	0,8																																																		
19	16	1,0						100																																												
20	17	0,9																																																		
21	18	1,4																																																		
22	19	1,4																																																		
	20	1,6																																																		

Рис. 30. Расчет данных для построения гистограммы

10. Строим гистограмму распределения с помощью мастера диаграмм.

После создания диаграммы редактируем её, используя контекстное меню. В частности, открыв контекстное меню на одном из столбцов диаграммы, выбираем команду «Формат рядов данных», вкладку «Параметры ряда», и устанавливаем ширину зазора 0 и 0.

Готовая гистограмма показана на рис. 31.

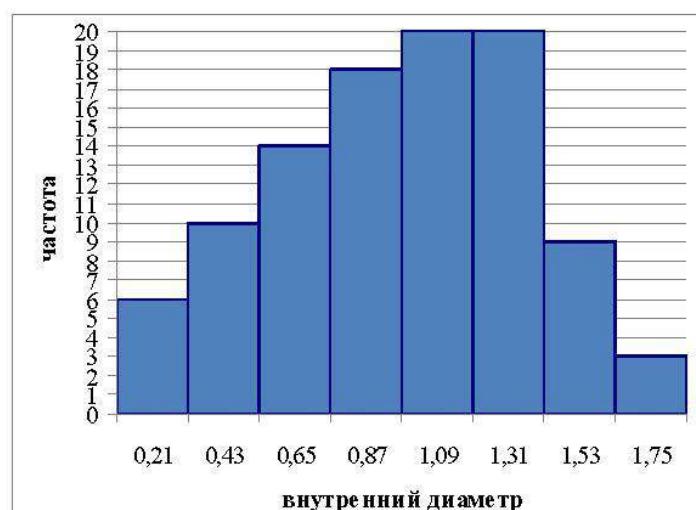


Рис. 31. Гистограмма

Возможно представление гистограммы в виде ломаной линии или непрерывной кривой. Для этого надо в области гистограммы открыть контекстное меню, выбрать команду «Тип диаграммы» и выбрать диаграмму «График» и «Точечная» (рис. 32).

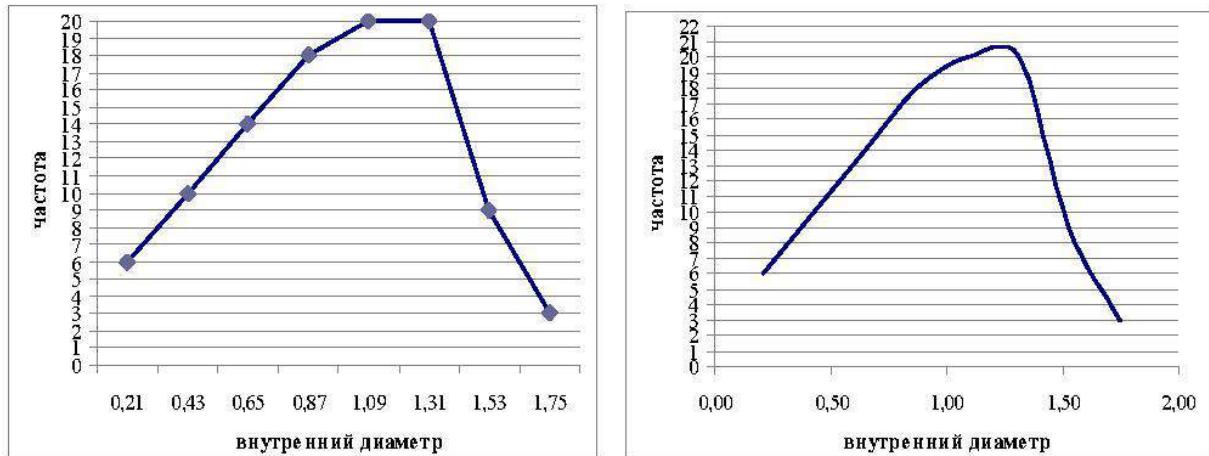


Рис. 32. Гистограмма в виде ломаной линии и непрерывной кривой.

Согласно [1] различают 7 типов гистограмм (рис. 33).

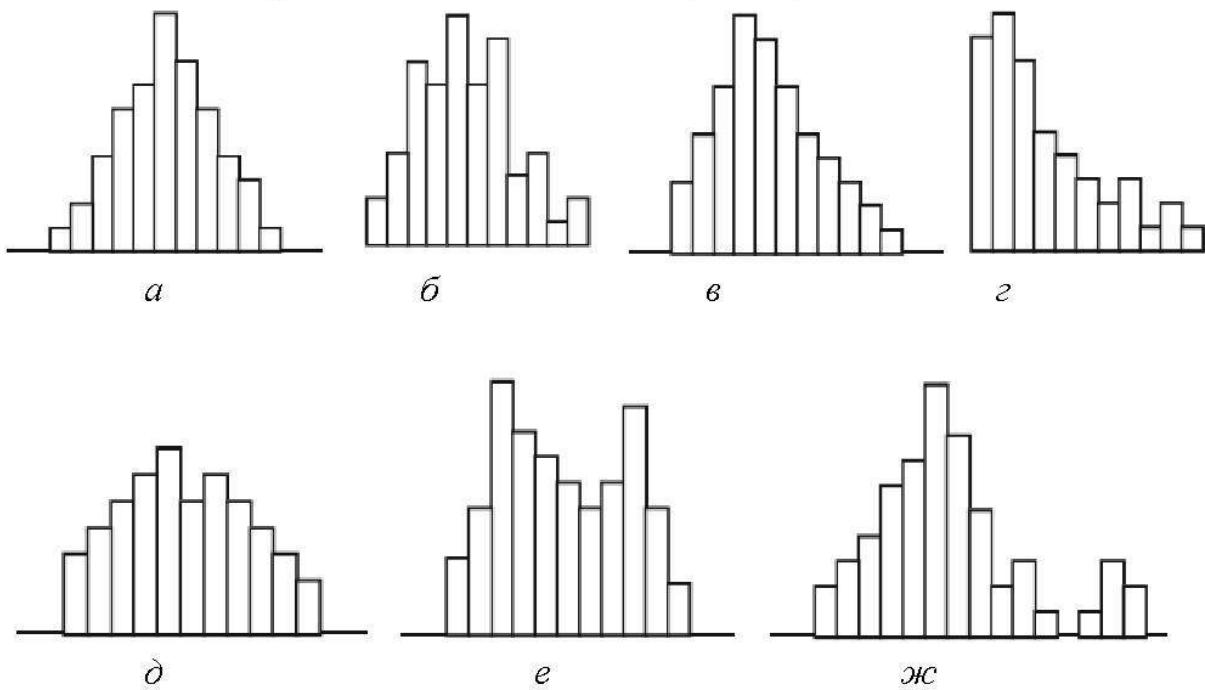


Рис. 33. Типы гистограмм

Опишем их.

a) – обычный тип (симметричный). Гистограмма с таким распределением встречается чаще всего. Она указывает на стабильность процесса;

*б) – гребенка* (мультимодальный тип). Здесь классы через один имеют более низкие частоты. Такая форма встречается, когда число единичных наблюдений, попадающих в класс, колеблется от класса к классу или, когда действует определенное правило округления данных;

*в) – положительно (отрицательно) скошенное распределение.* Среднее значение гистограммы локализуется слева (справа) от центра размаха. Частоты довольно резко спадают при движении влево (вправо) и, наоборот, медленно вправо (влево). Такая (асимметричная) форма встречается, когда невозможно получить значения ниже определенного, например для диаметра деталей и т.д.;

*г) – распределение с обрывом слева (справа).* Это одна из тех форм, которые часто встречаются при 100%-ном контроле изделий из-за плохой воспроизводимости процесса, а также когда, например, отобраны и исключены из партии все изделия с параметрами ниже контрольного норматива (или выше, или и те и другие);

*д) – плато (равномерное и прямоугольное распределение).* Такая гистограмма получается в случаях, когда объединяются несколько распределений, в которых средние значения имеют небольшую разницу между собой. Анализ такой гистограммы целесообразно проводить, используя метод расслоения;

*е) – двухпиковый тип (бимодальный тип).* Такая форма встречается, когда смешиваются два распределения с далеко отстоящими средними значениями, например, в случае наличия разницы между двумя видами материалов, двумя операторами и т.д. В этом случае можно провести расслоение по двум видам фактора, исследовать причины различия и принять соответствующие меры для его устранения;

*жс) – распределение с изолированным пиком.* Рядом с распределением обычного типа появляется маленький изолированный пик. Это форма появляется при наличии малых включений данных из другого распределения, появления ошибки измерения или просто включения данных из другого процесса. По результатам анализа гистограммы дают заключение о необходимости настройки измерительного прибора или срочного осуществления контроля процесса.

Также в [1] отмечается, что если имеется допуск, то необходимо нанести на гистограмму границы допуска ( $S_L$  – нижняя граница допуска,  $S_U$  – верхняя граница допуска), чтобы сравнить распределение с этими границами. Существует пять типичных случаев, показанных на рис. 34.

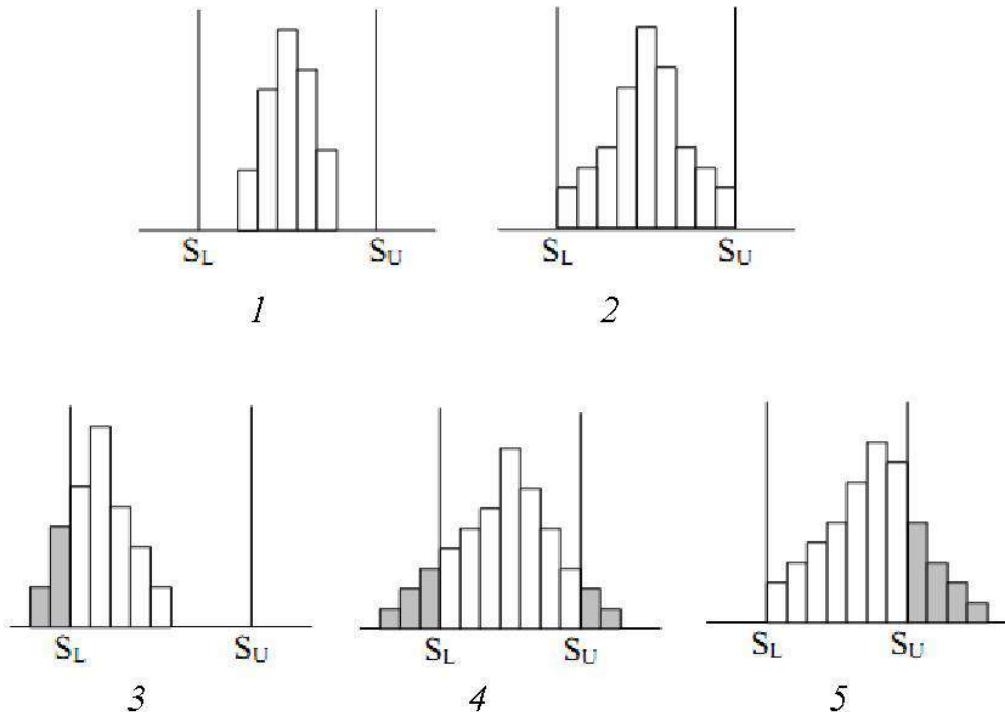


Рис. 34. Типы допусков

Если гистограмма удовлетворяет допуску, то в случаях:

- 1) поддержание существующего состояния – это все, что требуется, поскольку гистограмма вполне соответствует допускам;
- 2) допуски удовлетворяются, но нет никакого запаса, поэтому необходимо сократить разброс до меньшего значения.

Когда гистограмма не удовлетворяет допуску, то в случаях:

- 3) необходимо добиться смещения среднего ближе к центру поля допуска;

- 4) требуются действия, направленные на снижение вариации;
- 5) одновременно требуются меры, описанные в пунктах 3) и 4).

**Вопрос.** Какого типа получилась гистограмма? Сделайте вывод о технологическом процессе.

### **Задание**

1. Необходимо смоделировать данные измерения длины деталей в см, согласно варианту (табл. 10).

Точность измерения до мм (продумайте, сколько значений должно быть после запятой, установите соответствующий формат ячеек).

2. Построить гистограмму по результатам измерения. Сделайте вывод о технологическом процессе. Какие меры необходимо предпринять для стабилизации технологического процесса?

*Таблица 10*

#### **Определение вариантов самостоятельной работы**

Порядковый номер студента в списке группы	Номер варианта	Интервал изменения данных	Размер выборки
1, 11, 21	1	[10, 11]	100
2, 12, 22	2	[11, 12]	110
3, 13, 23	3	[12, 13]	120
4, 14, 24	4	[13, 14]	130
5, 15, 25	5	[14, 15]	140
6, 16, 26	6	[15, 16]	150
7, 17, 27	7	[16, 17]	90
8, 18, 28	8	[17, 18]	80
9, 19, 29	9	[18, 19]	100
10, 20, 30	10	[19, 20]	110

#### **Вопросы.**

1. Что такое гистограмма?
2. Как рассчитать количество интервалов для построения гистограммы?
3. Как рассчитать ширину интервала для построения гистограммы?
4. Как проверить правильно ли рассчитаны интервалы (ширина)?
5. В чем разница между абсолютной и относительной адресацией ячеек?

## РАБОТА №3

### 1. Диаграмма Парето

Диаграмма Парето строится в виде столбчатого графика и показывает в убывающем порядке относительное влияние каждой причины на общую проблему. Кроме того, на диаграмме обычно приводят кумулятивную кривую накопленного процента причин.

Диаграмма Парето позволяет анализировать проблемы из любой сферы деятельности предприятия, в том числе в сфере управления качеством. Причины изменений качества делятся на группы: немногочисленные существенно важные и многочисленные несущественные. Устранивая причины первой группы, можно устранить почти все потери, вызванные снижением качества [6].

Создайте новый файл фамилия 3.xlsx (впишите свою фамилию). Задайте имя для листа 1 «Парето». Имеются данные контрольного листка (рис. 35). Введите эти данные в ЭТ, создав два столбца данных «Дефект» и «Итог», начиная с ячейки A1 (рис. 36). Рассчитайте значение «итога».

Дефект	Результат	Итог	Примечание
Царапина	///	3	Деталь –
Трещина	/	1	Дата:
Заусенец	//////	8	Контролер –
Деформация	////////// ////////// //////////	68	Участок – Партия – Всего деталей – 1400
Вмятина	////////// //////////	45	
Раковина	/// /	4	
Скол	//////	9	
Прочие	//	2	
	<i>Итого дефектов</i>	140	
Дефектные детали	////////// ////////// //////////	74	

Рис. 35. Контрольный листок

	A	B
1	Дефект	Итог
2	Царапина	3
3	Трещина	1
4	Заусенец	8
5	Деформация	68
6	Вмятина	45
7	Раковина	4
8	Скол	9
9	Прочие	2
10	Итого	140

Рис. 36. Данные «Дефект» и «Итог»

Выделите диапазон [A1:B8] и отсортируйте данные по убыванию, для этого воспользуйтесь последовательностью команд, меню: Данные ► Сортировка ► Сортировать по: Итог ► По убыванию ► Ок. В столбце C организуйте вычисление процентов дефекта, а в столбце D – накопленные значения в процентах. При копировании формул используйте автозаполнение и абсолютную адресацию (рис. 37).

	A	B	C	D
1	Дефект	Итог	%	Накопленный %
2	Деформация	68	49	49
3	Вмятина	45	32	81
4	Скол	9	6	87
5	Заусенец	8	6	93
6	Раковина	4	3	96
7	Царапина	3	2	98
8	Трещина	1	1	99
9	Прочие	2	1	100
10	Итого	140	100	

Рис. 37. Таблица отсортированных данных

Построим диаграмму Парето и кривую Лоренца. В ЭТ Excel 2003 можно воспользоваться мастером диаграмм: Нестандартные ► График| Гистограмма 2, исходные данные значения по столбцу B и D. В ЭТ версий Excel 2007 и выше подход иной, следует строить диаграмму и кривую отдельно. Выделите значения столбца B и постройте гистограмму. Затем добавьте на этот же график ряд данных по столбцу D и постройте точечный график. Отредактируйте значения по осям (рис. 38).

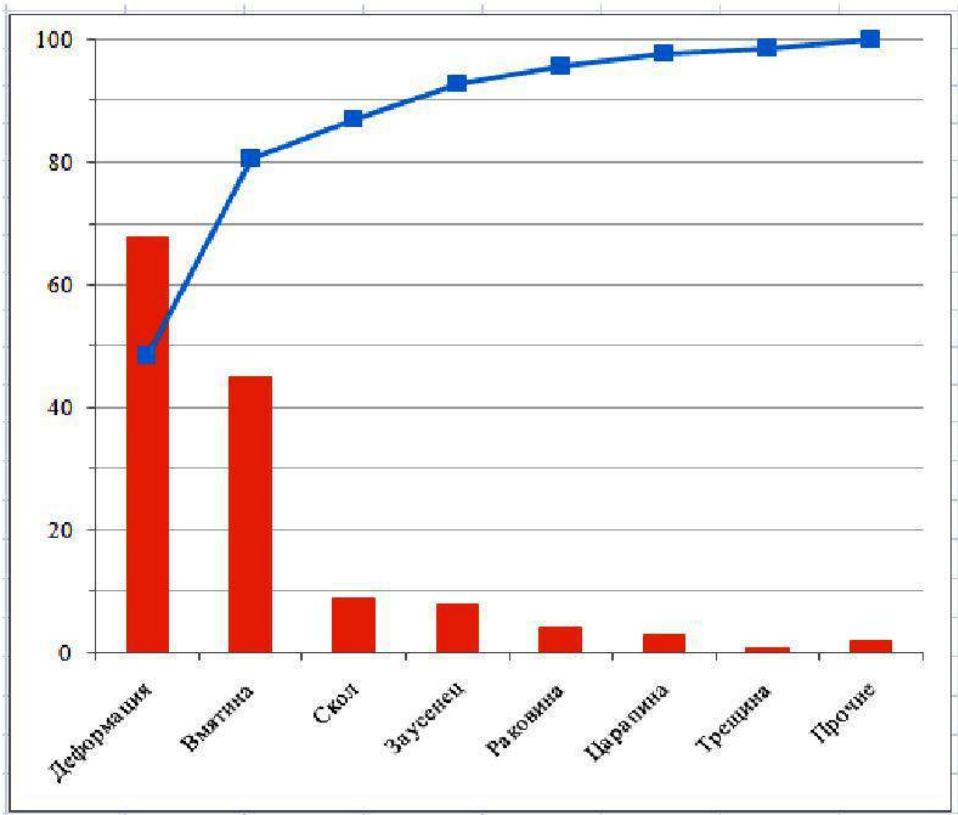


Рис. 38. Диаграмма Парето и кривая Лоренца

Диаграмму Парето целесообразно применять вместе с причинно-следственной диаграммой.

При использовании диаграммы Парето обычно сначала строят диаграмму по результатам деятельности для выявления главной из существующих проблем. Затем строят диаграмму по причинам для выявления главных причин этой проблемы и её решения и т.д.

После проведения корректирующих мероприятий диаграмму Парето можно вновь построить и проверить эффективность проведенных улучшений.

При использовании диаграммы Парето для контроля важнейших факторов распространен ABC-анализ.

ABC-анализ (или принцип Парето) – это простой и достаточно эффективный инструмент, применяемый для классификации ресурсов предприятия по степени их важности, анализа номенклатуры, оптимизации складских запасов, оптимизации производственных процессов и др.

Рекомендуется составлять несколько вспомогательных диаграмм, входящих в состав группы А, с тем чтобы, последовательно анализируя их, в конечном итоге составить отдельную диаграмму Парето для конкретных явлений недоброкачественности.

Методов выделения групп существует порядка десяти, наиболее применимы из них: эмпирический метод, метод суммы и метод касательных. В эмпирическом методе разделение происходит в классической пропорции 80/15/5:

- А – наиболее ценные факторы (причины), 20 % ассортимента; 80 % продаж;
- В – промежуточные, 30 % ассортимента; 15 % продаж;
- С – наименее ценные, 50 % ассортимента; 5 % продаж.

В методе суммы складывается доля объектов и их совокупная доля в результате, таким образом значение суммы находится в диапазоне от 0 до 200 %. Группы выделяют так: группа А – 100 %, В – 45 %, С – остальное. Достоинства метода – большая гибкость.

Однако самым гибким методом является метод касательных, в котором к кривой ABC проводится касательная, отделяя сначала группу А, а затем С.

Рассмотрим упрощенный вариант и выделим группы ABC следующим образом. Группа А – первые 81 %, В – следующие 18 %, остальные % – группа С. Для этого организуем столбец «Группа ABC». Вписывание группы необходимо организовать средствами Excel, можно воспользоваться функциями: ЕСЛИ, СЧЁТЕСЛИ, И, ИЛИ и т.д. Например, для простого сравнения значения с 81 % в ячейке E2 можно записать так: =ЕСЛИ(D3<=81;"А";"В").

Однако при такой записи упущено формирование группы С.  
*Продумайте самостоятельно, как это сделать....*

## 2. Стратификация

Рассмотрим следующий пример [1]. Довольно часто бывают случаи, когда поставки по заказам, размещенным в сторонних организациях, задерживаются, сроки поставок не выполняются. В таких случаях проблема обсуждается на совещании, где присутствуют все, имеющие к

ней отношение, с целью нахождения мер по устранению этих причин. Обычными предложенными в таких случаях бывают увеличить срок выполнения заказа или строго соблюдать дату оформления заказа. В этом случае необходимо хорошо проанализировать данные, чтобы понять, будет ли строгое соблюдение даты оформления заказа той мерой, которая действительно решит проблему своевременного выполнения заказа. Для этого разделяют случаи выполнения заказа в срок и случаи задержки выполнения заказа, с одной стороны, а также случаи строгого соблюдения даты оформления заказа и случаи несвоевременного оформления заказа – с другой, после чего анализируют таблицу расслоения.

Если в результате анализа данных окажется, что строгое соблюдение даты оформления заказа приведет к значительному улучшению положения, как это видно из табл. 11, то решение проблемы можно считать найденным.

*Таблица 11*

**Результаты при соблюдении даты оформления заказа**

Оформление заказа	Выполнение заказа в срок, число случаев	Выполнение заказа с опозданием, число случаев	<i>Всего случаев</i>
В соответствии с установленной датой, число случаев	18	3	<b>21</b>
С опозданием, число случаев	5	39	<b>44</b>
<i>Всего случаев</i>	<b>23</b>	<b>42</b>	<b>65</b>

Однако если при расслоении данные оказываются расположенными, как в табл. 12, то результат анализа не позволяет утверждать, что строгое соблюдение даты оформления заказа окажется решающим фактором в решении проблемы. В этом случае необходимо провести более глубокий анализ данных.

*Таблица 12*

**Результат, требующий процедуры расслоения**

Оформление заказа	Выполнение заказа в срок, число случаев	Выполнение заказа с опозданием, число случаев	<i>Всего случаев</i>
В соответствии с установленной датой, число случаев	8	13	<b>21</b>
С опозданием, число случаев	15	29	<b>44</b>
<i>Всего случаев</i>	<b>23</b>	<b>42</b>	<b>65</b>

Более глубокий анализ сложившейся ситуации предполагает, прежде всего, провести расслоение по видам деталей, которые составляют заказ (рис. 39).

	A	B	C	D
1	Оформление заказа	Выполнение заказа в срок, число случаев	Выполнение заказа, с опозданием, число случаев	Всего случаев
2	A	1	13	
3	B	1	10	
4	C	1	9	
5	D	7	2	
6	E	5	4	
7	F	8	4	
8	<i>Всего</i>			

Рис. 39. ABC анализ

Организуйте в Excel новый лист, переименуйте его - «Стратификация», внесите данные согласно данным на рис. 39, рассчитайте итоговые значения.

При анализе данных видно, что больше всего случаев задержек относится к поставкам деталей A, B, C. В сравнении с ними число случаев задержки поставок деталей D, E, F незначительно. Следует найти причину такой разницы в сроках поставок этих деталей.

Допустим, было установлено, что детали A, B, C в отличие от деталей D, E, F требуют дополнительной поверхностной обработки, т.е. процесс изготовления деталей A, B, C оказывается дольше. Кроме того, было выяснено, что поверхностная обработка выполняется по вторичному заказу другим предприятием. Более того, оказалось, что бывают случаи, когда не требующие поверхностной обработки детали D, E, F также передаются для изготовления другому предприятию по вторичному заказу. Эти данные анализируются после составления таблицы расслоения по фактору наличия или отсутствия вторичного заказа [1]. Решение может быть следующим (табл. 13). Табл. 13 сформируйте в Excel. Подтвердите вывод о необходимости расслоения с помощью гистограммы.

Результат анализа данных показывает большое влияние оформления вторичного заказа на срок выполнения первичного заказа.

Таблица 13

## Результат после процедуры расслоения

Оформление заказа	Выполнение заказа в срок, число случаев	Выполнение заказа с опозданием, число случаев	<i>Всего случаев</i>
Имеет место, число случаев	3	42	
Отсутствует, число случаев	21	2	
<i>Всего случаев</i>	<b>23</b>	<b>42</b>	<b>65</b>

Анализ данных по методу расслоения приводит к выводу, что для окончательного решения проблемы должны быть проведены следующие мероприятия [1].

1. Не допускать вторичных заказов, которые делаются без предварительной договоренности с предприятием-заказчиком.
2. Скорректировать объем заказа так, чтобы он был по силам предприятию, на котором размещается заказ, и не вынуждал его делать вторичные заказы на других предприятиях.
3. Информацию о планировании размещения заказа на детали, которые требуют поверхностной обработки, доводить до предприятия, на котором будет размещаться заказ, заранее.
4. Оказать помощь предприятию, на котором размещается заказ, освоить принципы ведения дел с предприятиями, на которых размещаются вторичные заказы.

Подтвердите эти выводы табличными данными.

### 3. Диаграмма разброса (рассеяния) и корреляция

Рассмотрим пример построения диаграммы разброса.

1. Цель построения: определить наличие и характер связи между случайными величинами, одна из которых представляет собой параметр технологического процесса ( $x$ ), а другая – параметр качества изделия ( $y$ ). Анализ предварительных наблюдений не дает однозначного результата: одни специалисты склонны видеть влияние данного фактора, а другие такое влияние отрицают. Решено провести количественные измерения и объективно определить, есть ли связь между этими величинами или нет, при наличии – определить ее характер.

2. Для сбора исходных данных разработан листок регистрации, в котором предусмотрена таблица, имеющая следующие графы:

- порядковые номер измерения  $i$ ;
- значение технологического фактора  $x$ ;
- значение показателя качества продукта  $y$ ;
- значение фактора  $z$ , который также оказывает влияние на показатель качества  $y$ .

3. Предположим, что контролируется производство йогурта. Для получения качественного продукта на первом этапе контролируется содержание воздуха в молоке, которое должно быть минимальным, – параметр  $x$ . Следующая стадия – гомогенизация. Главной задачей этого этапа является предупреждение отстаивания сливок во время сквашивания и обеспечение равномерного распределения жира в молоке – параметр  $z$ . Для получения данных по  $x$ ,  $z$  и  $y$  проведен ряд измерений. Полученные результаты занесены в листок наблюдений, (табл. 14).

*Таблица 14*

**Данные наблюдений**

№ п/п ( $I$ )	Влияющий фактор $X$	Дополнительный фактор $Z$	Интегральный показатель качества $Y$
1	10	5	45
2	9	9	46
3	2	9	93
4	6	6	65
5	8	8	50
6	4	4	80
7	7	4	49
8	3	9	87
9	3	11	85
10	2	7	55
11	3	12	88
12	6	8	50
13	9	5	45
14	5	11	70
15	8	3	48
16	3	10	80
17	7	8	75
18	2	7	93
19	2	12	91
20	1	10	98

Создайте новый лист «Разброс», введите данные в диапазон A1:D21 согласно табл. 14 и постройте диаграммы разброса следующим образом.

4. По полученным данным строится график, для построения диаграммы разброса используется тип графика – точечная диаграмма. По оси абсцисс откладываются значения влияющего фактора, по оси ординат – значения показателя качества, построим диаграмму разброса для пары  $xy$  (рис. 40).

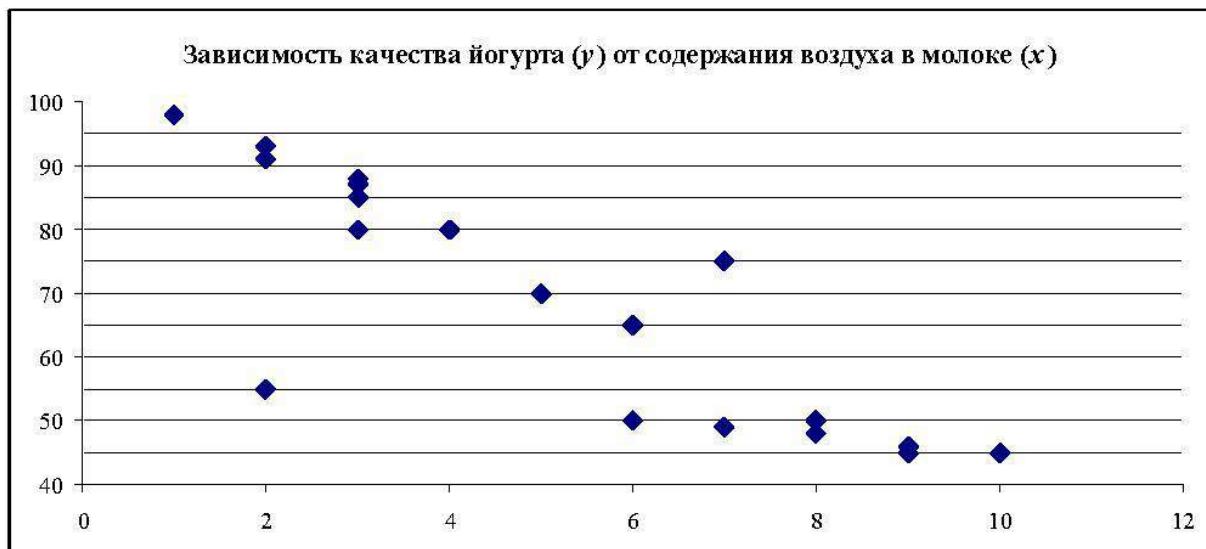


Рис. 40. Зависимость исследуемого параметра качества йогурта  $y$  от значения технологического фактора  $x$

Отредактируйте диапазоны изменения значений  $x$  и  $y$  в соответствии с их максимальными и минимальными значениями.

Анализируя полученное поле разброса, можно сказать, что облако точек вытянуто вверх слева направо, т.е. при увеличении значения  $x$  происходит увеличение  $y$ . Следовательно, на основе полученных при наблюдениях результатов можно сделать вывод о наличии между данными величинами положительной корреляционной связи. То есть, технологический параметр (фактор)  $x$  оказывает влияние на параметр качества продукта  $y$ .

Чтобы оценить влияние дополнительного фактора  $z$  на показатель качества  $y$  построим график зависимости  $zy$  (рис. 41).

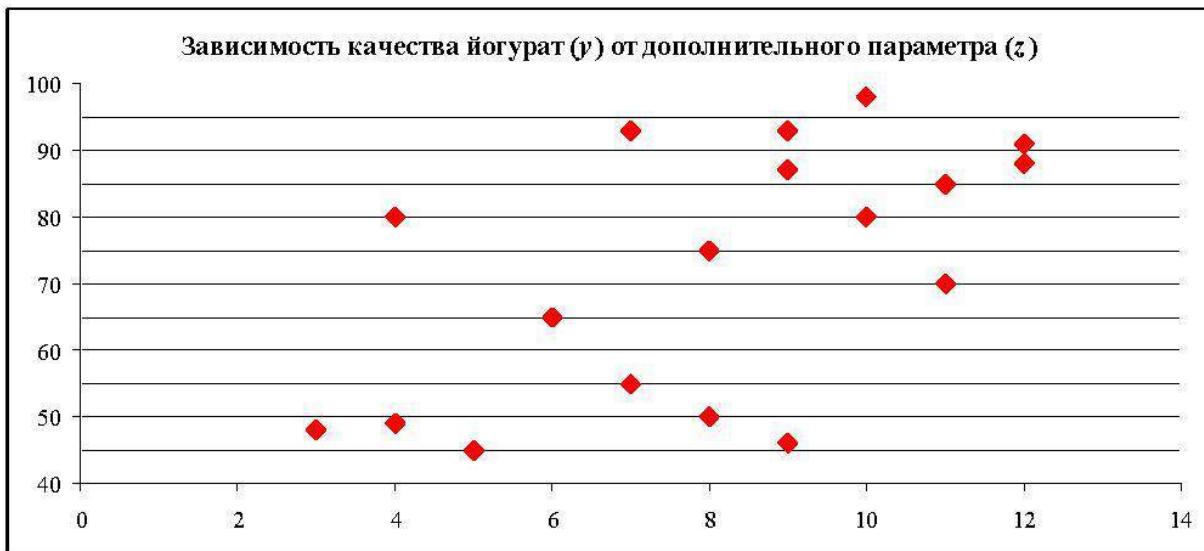


Рис. 41. Зависимость параметра качества продукта  $y$  от значения дополнительного технологического фактора  $z$

Между величинами  $z$  и  $y$  также можно усмотреть связь. Однако следует обратить внимание на величину разброса точек, однако так как самих наблюдений произведено не очень много, то нельзя с уверенностью судить о наличии связи или ее отсутствии только по графику разброса.

В некоторых случаях вывод, полученный на основе визуального анализа диаграмм рассеяния, бывает достаточным для принятия решений о проведении нужных мероприятий.

Но иногда желательно получить количественную оценку тесноты или силы связи между случайными величинами.

Существуют различные методы оценки степени корреляционной зависимости [1]. Одним из них является метод вычисления коэффициента корреляции  $r$  по следующей формуле:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sigma_x \sigma_y},$$

где  $S_{xy}$  – ковариация случайных величин  $x$  и  $y$ :  $S_{xy} = \bar{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}$ ;

$\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  – выборочные дисперсии величин  $x$  и  $y$ :

$$\sigma_x = \sqrt{\bar{x^2} - (\bar{x})^2}, \quad \sigma_y = \sqrt{\bar{y^2} - (\bar{y})^2}.$$

Коэффициент корреляции характеризует тесноту связи между двумя признаками (результативными и одним их факторных).

Коэффициент корреляции может принимать значения от -1 до +1. Если его значение по модулю близко к 0 – это значит, что между двумя рассматриваемыми величинами связь отсутствует.

Если значение коэффициента корреляции близко к +1, между величинами имеется тесная положительная корреляция: при увеличении одной из них увеличивается и другая. Если же коэффициент корреляции близок к -1, между величинами имеется отрицательная корреляционная связь.

Перейдите на следующий лист «Корреляция». Рассчитаем коэффициенты корреляции внутри пар  $xy$  и  $zy$ .

Расчет коэффициента корреляции принято производить в следующем порядке [1].

1. Составляется таблица, в которую вносятся следующие графы:
  - порядковый номер измерения  $i$ ;
  - значения одной из случайных величин  $x_i$ ;
  - значения другой случайной величины  $y_i$ ;
  - произведение случайных величин  $x_i$  и  $y_i$ ;
  - квадрат одной случайной величины:  $x_i^2$ ;
  - квадрат другой случайной величины:  $y_i^2$ .
2. Вычисляется сумма величин в каждом из столбцов от  $i=1$  до  $i=n$ , где  $n$  – число измерений:
3. Вычисляются значения средних величин в каждом столбце.
4. Вычисляются значения выборочных дисперсий.
5. По полученным результатам вычисляется коэффициент корреляции.

Рассчитаем коэффициент корреляции для пары  $xy$ . Результат приведен на рис. 42.

	C26		$f_k = \text{ЕСЛИ}(B26>0, "связь положительная", "связь отрицательная")$				
1	A	B	C	D	E	F	G
2	i	x	y	$x^*y$	$x^*x$	$y^*y$	
3	1	10	45	450	100	2025	
4	2	9	46	414	81	2116	
5	3	2	93	186	4	8649	
6	4	6	65	390	36	4225	
7	5	8	50	400	64	2500	
8	6	4	80	320	16	6400	
9	7	7	49	343	49	2401	
10	8	3	87	261	9	7569	
11	9	3	85	255	9	7225	
12	10	2	55	110	4	3025	
13	11	3	88	264	9	7744	
14	12	6	50	300	36	2500	
15	13	9	45	405	81	2025	
16	14	5	70	350	25	4900	
17	15	8	48	384	64	2304	
18	16	3	80	240	9	6400	
19	17	7	75	525	49	5625	
20	18	2	93	186	4	8649	
21	19	2	91	182	4	8281	
22	20	1	98	98	1	9604	
22	Сумма	100	1393	6063	654	104167	
23	Среднее	5,00	69,65	303,15	32,70	5208,35	
24	ох=	2,77					
25	оу=	18,90					
26	r=	-0,86	связь отрицательная				

Рис. 42. Расчет коэффициента корреляции для пары  $xy$

Для пары  $xy$  значение коэффициента корреляции составляет «-0,86», что указывает на существование между величинами  $x$  и  $y$  сильной отрицательной корреляции.

Вывод о тесноте и форме связи организуйте с помощью функции ЕСЛИ. Например, если значение коэффициента корреляции получилось положительным, то надо вывести текст «влияние фактора  $x$  на показатель качества  $y$  положительное» (в ячейке C26, на примере, это текст «связь положительная»). *Продумайте, как обозначить силу связи графически и/или автоматизировано с помощью текстового вывода.*

Для пары  $z$  коэффициент корреляции найдите самостоятельно.

Теперь проведем проверку значимости найденных коэффициентов корреляции по критерию Стьюдента. Перейдите на новый лист «Значимость». Сделайте заготовку в виде таблицы (рис. 43).

	A	B	C
1		$xy$	$zy$
2	Объем выборки, $N$		
3	Коэффициент корреляции, $r$ <i>(статистика)</i>		
4	Коэффициент корреляции, $r$ <i>(анализ данных)</i>		
5	$t$ -критерий Стьюдента, расч		
6	Альфа, а		
7	$t$ -критерий Стьюдента, табл		

Рис. 43. Заготовка

Рассчитайте показатели для пар  $xy$  и  $zy$ , при этом исходные данные берутся с предыдущего листа! Для расчета объема выборки, воспользуйтесь функцией СЧЁТ из категории «Статистические». Для расчета коэффициента корреляции, воспользуйтесь функцией КОРРЕЛ из того же раздела (проверьте с вашими уже сделанными расчетами). На предыдущем листе проведите проверку рассчитанного коэффициента корреляции, воспользовавшись инструментом КОРРЕЛЯЦИЯ, из пакета «Анализ данных» (рис. 44).

	Столбец 1	Столбец 2						Столбец 1	Столбец 2
Столбец 1	1							1	
Столбец 2	-0,85992136	1						0,59442005	1

Рис. 44. Результат расчета

Перенесите рассчитанное значение, заполнив ячейки B4 и C4 на листе «Значимость», сопоставьте полученные значения.

Для определения расчетного  $t$ -критерия Стьюдента –  $t_{\text{расч}}$  имеется формула  $t_{\text{расч}} = \frac{|r|}{\sigma_r}$ , где  $r$  – коэффициент корреляции;  $\sigma_r$  – средняя ошибка коэффициента корреляции, которая рассчитывается по формуле  $\sigma_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}$ , где  $n$  – объем выборки.

Организуйте написание итоговой формулы, записав арифметическое выражение средствами Excel в ячейках B5 и C5.

Уровень значимости  $\alpha$  возьмем 5 %. Будьте аккуратны при вводе этого значения!

Найдем табличное значение  $t$ -критерия Стьюдента –  $t_{\text{табл}}$ . Для этого воспользуемся статистической функцией СТЫЮДЕНТ.ОБР.2Х для Excel версий 2010 и выше (СТЫЮДРАСПОБР для Excel 2003) Данная функция предназначена для нахождения значения по двухстороннему обратному распределению Стьюдента. Значение для поля [Степень свободы] рассчитывается как и при расчете средней ошибки коэффициента корреляции –  $(n-2)$  – для случая линейной парной регрессии.

Теперь необходимо провести сравнение. Если фактическое (расчетное) значение  $t$ -критерия больше табличного, то линейный коэффициент корреляции  $r$  считается значимым, а связь между  $X$  и  $Y$  реальной. Более того, если  $r \rightarrow 1$  (-1), то связь положительная (отрицательная) и тесная, если  $r=0$ , то связь отсутствует.

Ответ сформулируйте с помощью функции ЕСЛИ.

Результаты расчетов приведены на рис. 45.

	A	B	C	D	E
1		$xy$	$zy$		
2	Объем выборки, $N$	20	20		
3	Коэффициент корреляции, $r$ <i>(статистика)</i>	-0,8599	0,5944		
4	Коэффициент корреляции, $r$ <i>(анализ данных)</i>	-0,8599	0,5944		
5	$t$ -критерий Стьюдента, расч	14,0032	3,8999		
6	Alfa, $\alpha$	0,05	0,05		
7	$t$ -критерий Стьюдента, табл	2,1009	2,1009		
8					
9	средняя ошибка	0,0614	0,1524		
10					
11		R значим, а связь $xy$ реальная			
12			R значим, а связь $zy$ реальная		

Рис. 45. Результат расчета

Если оказывается, что между двумя случайными величинами существует связь, то можно найти математическое выражение зависимости между ними, формулу в которой каждому значению одной случайной величины будет соответствовать среднее значение другой случайной величины. Такая зависимость называется регрессионной зависимостью [1].

Рассмотрим наиболее часто встречающуюся линейную функцию, которая удобна еще и тем, что может быть применена для представления изменений величин, описываемых другими законами, если рассматриваются их изменения в достаточно узком интервале. Уравнение прямой линии имеет вид  $y = ax + b$ , где:  $y$  – функция (зависимая переменная);  $x$  – аргумент (независимая переменная);  $b$  – значение функции при  $x = 0$ ;  $a$  – угловой коэффициент прямой, равный изменению функции при изменении аргумента на одну единицу. Этот коэффициент положителен, если при увеличении аргумента увеличивается и значение функции, и отрицателен в противном случае.

Линии регрессии определяют по экспериментальным точкам. Она должна проходить так, чтобы быть возможно ближе к этим точкам, но при этом оставаться прямой. Наиболее подходящая линия – это линия, у которой сумма отклонений от экспериментальных точек наименьшая. Желательно найти именно такую линию, то есть найти ее коэффициенты. Это можно сделать методом наименьших квадратов. При этом коэффициенты  $a$  и  $b$  линии регрессии определяются из следующих соотношений:

$$a = \frac{S_{xy}}{\sigma_x^2}; \quad b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}.$$

Продолжите расчеты на листе «Корреляция» и определите коэффициенты  $a$  и  $b$  для пары  $xy$  и для пары  $zy$ . Запишите уравнение линии регрессии для обеих пар и покажите преподавателю. Проверьте правильность своих расчетов, построив линии тренда для диаграмм разброса пар  $xy$  и  $zy$  на листе «Разброс», выведите запись уравнения на график (рис. 46).

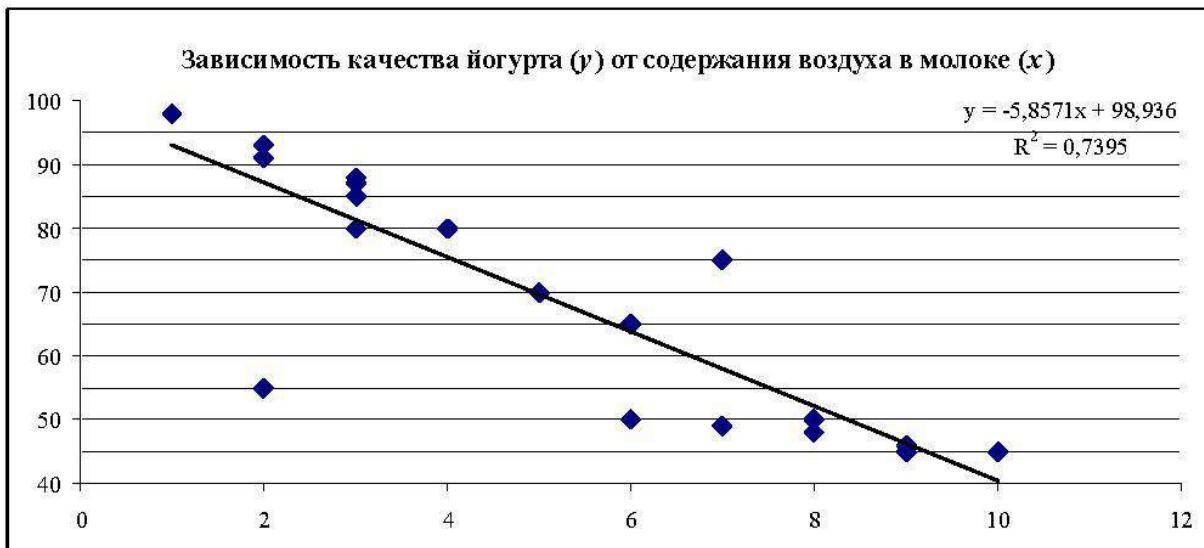


Рис. 46. Линия регрессии

Коэффициенты регрессии могут быть приближенно определены графически на основе построения на глаз прямой, проходящей через наиболее плотное расположение экспериментальных точек на диаграмме рассеяния. Следует отметить, что линия регрессии проходит через точку  $M$  с координатами точки  $uh$ , т.е. через центр рассеяния экспериментальных точек.

Во многих случаях определение коэффициентов регрессии по прямой, проведенной на глаз, оказывается достаточно точным, учитывая, что и при расчете по формулам используются экспериментальные данные, являющиеся случайными величинами. Поэтому и коэффициенты регрессии также являются величинами случайными, и им нельзя придавать какого-то абсолютного значения. В любом случае при анализе экспериментальных результатов следует постоянно иметь в виду реальное физическое содержание наблюдаемого явления, чтобы не выйти за рамки здравого смысла.

Кроме того, необходимо иметь в виду, что бывают случаи, когда разные диаграммы разброса, приведенные на рис. 47, дают практически одинаковые результаты, если их подвергнуть регрессионному анализу (рис. 48).

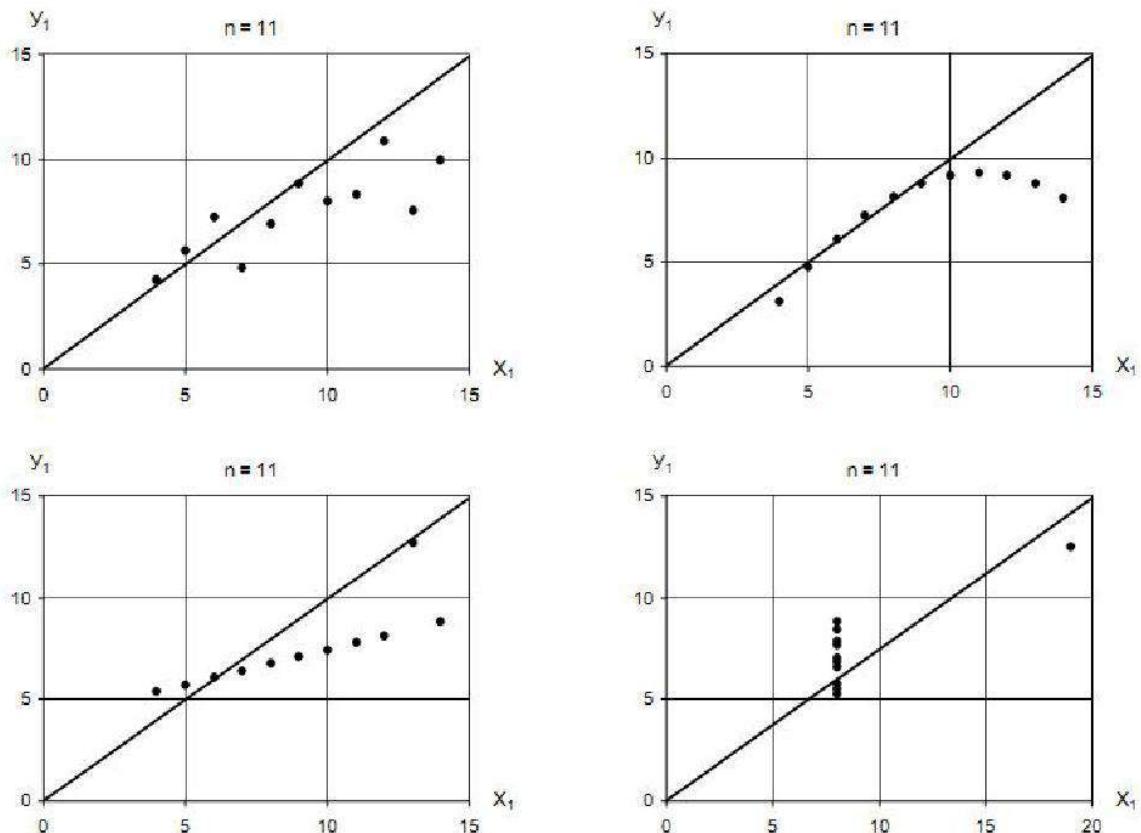


Рис. 47. Диаграммы рассеивания, имеющие одинаковые линии регрессии

№ п/п	$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$	$X_3$	$Y_3$	$X_4$	$Y_4$
1	10	8,04	10	9,14	10	7,46	8	6,58
2	8	6,95	8	8,14	8	6,77	8	5,76
3	13	7,58	13	8,74	13	12,74	8	7,71
4	9	8,81	9	8,77	9	7,11	8	8,84
5	11	8,33	11	9,26	11	7,81	8	8,47
6	14	9,96	14	8,10	14	8,84	8	7,04
7	6	7,24	6	6,13	6	6,08	8	5,25
8	4	4,26	4	3,10	4	5,39	19	12,5
9	12	10,84	12	9,13	12	8,15	8	5,56
10	7	4,82	7	7,26	7	6,42	8	7,91
11	5	5,68	5	4,74	5	5,73	8	6,89

$X$	9,0	9,0	9,0	9,0
$y$	7,5	7,5	7,5	7,5
$S(xx)$	110,0	110,0	110,0	110,0
$S(yy)$	41,27	41,27	41,23	41,23
$S(xy)$	55,01	55,00	54,97	54,99

Рис. 48. Результаты регрессионного анализа

P.S. Рис. 47 и 48 заимствованы из работы Ф.Дж. Энскамби «Графики в статистическом анализе».

## **Вопросы**

1. Для чего используется диаграмма Парето?
2. Что такое анализ Парето?
3. Какие существуют методы расчета групп АВС для анализа Парето?
4. Опишите порядок применения инструмента стратификация.
5. Опишите порядок расчета коэффициента корреляции для случая линейной парной регрессии.
6. Как рассчитать коэффициент корреляции в ЭТ Excel?
7. Как оценить значимость коэффициента корреляции?

## ПРОВЕРОЧНАЯ РАБОТА

### *Вариант 1*

Для создания взрывобезопасного и безосколочного остекления с высокой степенью защиты применяются защитные и ударопрочные пленки LLumar (<http://psk-ural.ru/materialy/zashhitnyie-plenki.html>)

В табл. 15 представлены экспериментальные данные, оценивающие показатель «прочность на разрыв» –  $y$ , в кг/см<sup>2</sup> в зависимости от толщины пленки LLumar различного типа –  $x$ , в Мкр. Постройте диаграмму рассеяния, отформатируйте ее с целью более наглядного и простого восприятия. Рассчитайте коэффициент корреляции (любым способом) и оценить его достоверность.

*Вопрос.* Можно ли определять прочность остеклования с использованием данной пленки по её толщине? Ответ сформируйте с помощью функции ЕСЛИ, аналитически обосновав.

*Таблица 15*

#### Экспериментальные данные

№ п/п	$x$	$y$	№ п/п	$x$	$y$
1	56	5	16	55	4
2	112	17	17	115	18
3	200	34	18	210	36
4	300	51	19	310	55
5	400	69	20	395	65
6	50	5	21	58	6
7	110	17	22	118	17
8	180	34	23	195	37
9	280	51	24	310	57
10	375	70	25	399	70
11	59	4	26	57	5
12	115	17	27	113	17
13	201	33	28	199	34
14	320	50	29	299	51
15	401	70	30	401	69

## **Вариант 2**

Известно, что изначально материал поливинилхлорид (ПВХ), использующийся для изготовления современных оконных и дверных блоков, не обладает большой жесткостью. Для решения данной проблемы в окнах из ПВХ обычно используют специальные армирующие вкладыши толщиной от 1,5 мм из оцинкованной стали.

В табл. 16 представлены экспериментальные данные, оценивающие показатель «надежность профиля ПВХ (в части «Прочность при растяжении»)» –  $y$ , в МПа в зависимости от показателя «толщина армирующих вкладышей» –  $x$ , в мм. Постройте диаграмму рассеяния, отформатируйте ее с целью более наглядного и простого восприятия. Рассчитайте коэффициент корреляции (любым способом) и оценить его достоверность.

**Вопрос.** Можно ли определять надежность профиля ПВХ по толщине армирующих вкладышей? Ответ сформируйте с помощью функции ЕСЛИ, аналитически обосновав.

*Таблица 16*

### **Экспериментальные данные**

№ п/п	$x$	$y$	№ п/п	$x$	$y$
1	1,2	37	16	1,7	42
2	1,4	39	17	1,8	43
3	1,6	41	18	1,9	44
4	1,8	43	19	2,0	45
5	2,0	45	20	2,1	45
6	1,3	37	21	2,2	45
7	1,5	40	22	1,2	37
8	1,7	44	23	1,4	40
9	1,9	45	24	1,6	42
10	1,1	37	25	1,8	44
11	1,2	36	26	2,0	45
12	1,3	38	27	1,3	38
13	1,4	39	28	1,5	39
14	1,5	40	29	1,7	42
15	1,6	41	30	1,9	44

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Статистика, статистические методы, контроль и управление качеством – в современном мире эти понятия стали неотделимыми.

Вопрос о необходимости внедрения контроля качества на производственных предприятиях давно имеет положительный ответ, именно от качества анализа мониторинга и результатов деятельности, своевременной обработки получаемой информации и в результате незамедлительного объективного принятия решений зависит выпуск высококачественной и конкурентоспособной продукции.

Современные информационные технологии и теоретическая основа статистических методов в области анализа данных позволяют решить проблему контроля и управления качества.

Благодаря простым статистическим методам контроля качества у предприятий появляется возможность выявлять брак на ранней стадии, оптимизировать технологический процесс, минимизировать затраты.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программам академического и прикладного бакалавриата и магистратуры направления 27.03.01 –Стандартизация и метрология и ряда экономических направлений в рамках изучения таких дисциплин, как «Управление качеством», «Статистические методы контроля качества», а также может быть полезно при проведении научно-исследовательских работ и подготовке выпускной квалификационной работы.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Барабанова, О. А.* Семь инструментов контроля качества [Текст] / О. А. Барабанова, В. А. Васильева, С. А. Одиноков. – Москва: ФСР МП НТС МАТИ, 2013. – 43 с.
2. *Гродзенский, С. Я.* Менеджмент качества [Текст] : учебное пособие / С. Я. Гродзенский. – Москва: ООО «Проспект», 2015. – 200 с.
3. *Деревянко, Т.* Управление качеством технологических процессов [Текст] / Т. Деревянко. BaseGroup Labs. <https://basegroup.ru/>
4. *Ефимов, В. В.* Статистические методы в управлении качеством [Текст] : учебное пособие / В. В. Ефимов. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 134 с.
5. *Залаяжных, В. В.* Статистические методы контроля и управления качеством [Текст] : Лабораторные работы: учебник / В. В. Залаяжных. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2004. – 87 с. <http://statmetkach.ru/>
6. *Лаптев, Н. И.* Использование статистических программных комплексов в курсах «Статистические методы контроля» и «Планирование и организация эксперимента» [Текст] : учебное пособие / Н. И. Лаптев, Н. А. Сазонникова. – Самара: СамГТУ, 2012. – 124 с.
7. Летопись качества. Часть первая. Как зарождалось движение за качество [Текст]. 2013. <http://1cert.ru/stati/letopis-kachestva-chast-pervaya-kak-zarozhdalos-dvizhenie-za-kachestvo/>
8. *Орлов, А. И.* Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений [Текст] : учебник / А. И. Орлов. – Москва: ООО «Издательство Проспект», 2014. – 498 с.
9. Портал Знаний: <http://www.statistica.ru/local-portals/quality-control/metody-statisticheskogo-kontrolya-kachestva/>
10. *Ребрин, Ю.И.* Управление качеством [Текст] : учебное пособие / Ю. И. Ребрин. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 171 с.
11. *Клячкин, В. Н.* Модели и методы статистического контроля многопараметрического технологического процесса [Текст] / В. Н. Клячкин. – Москва: ФИЗМАТЛИТ. 2011. – 196 с.

12. Клячкин, В. Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии [Текст] / В. Н. Клячкин. – Москва: Финансы и статистика, Инфра-М, 2009. – 304 с.

### Сетевые ресурсы

1. [https://www.sas.com/ru\\_ru/home.html](https://www.sas.com/ru_ru/home.html) русскоязычный сайт компании SAS.
2. <http://www.predictivesolutions.ru/> сайт компании Predictive Solutions (до 2012 г. – SPSS Russia) – официального поставщика программных продуктов IBM SPSS.
3. <https://basegroup.ru/> сайт компании BaseGroup Labs, ООО «Аналитические технологии», ПО Deductor.
4. <http://statsoft.ru/> сайт компании StatSoft Russia – эксклюзивный представитель американской компании StatSoft Inc.
5. <http://protein.bio.msu.ru/~akula/Podr2~1.htm> сайт разработчика программы STADIA.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Уолтер Эндрю Шухарт (1891 – 1967)



Всемирно известный американский ученый и консультант по теории управления качеством. Получил докторскую степень по физике в Калифорнийском Университете в Беркли (1917). Начал трудовую деятельность инженером в Western Electric Company (1918–1924), а затем работал до пенсии в Bell Telephone Laboratories (1925–1956). Стал первым почетным членом Американского общества качества (ASQ), и по праву считается "Отцом статистического управления качества". Шухарт заложил основы для революции в подходе к качеству, которая только в конце XX в. стала широко распространяться по всему индустриальному миру. ASQ учредило медаль имени Шухарта, которая вручается за выдающиеся достижения в области контроля качества (<https://ru.wikipedia.org/>).

### Харольд Ф. Додж (1893 –1976)



Получил степень бакалавра электротехники в Массачусетском технологическом институте в 1916 г. и степень бакалавра в области физики в Колумбийском университете в 1917 г. Считается одним из

главных архитекторов науки о статистическом контроле качества. Всемирно известен своей работой по составлению планов выборочного контроля для проведения инспекционных операций на научной основе с точки зрения контролируемых рисков. С 1917 до 1958 гг. работал в отделе гарантии качества в Bell Laboratories с У.Э. Шухартом, Джорджем Эдвардсом и др. Был председателем Американской ассоциации стандартов (ANSI) ([https://en.wikipedia.org/wiki/Harold\\_F.\\_Dodge](https://en.wikipedia.org/wiki/Harold_F._Dodge)).

### Каору Исиакава (1915 – 1990)



Выдающийся японский специалист в области качества. Деятельность Исиакавы неотделима от истории управления качеством в Японии. В 1939 г. Исиакава закончил Токийский университет по курсу прикладной химии. В 1949 г. он занялся методами управления качеством и помог многим японским фирмам занять ведущие позиции. В последние годы своей жизни доктор Исиакава являлся президентом Института технологии Мусаси и ведущим консультантом по управлению качеством в Японии и других странах (в частности, он консультировал ряд крупных американских фирм, включая и компанию Ford Motors). В 1988 г. вышел русский перевод книги Исиакавы “Японские методы управления качеством”.

К. Исиакава – автор японского варианта комплексного управления качеством, наиболее характерными его чертами являются: всеобщее участие работников в управлении качеством; введение регулярных внутренних проверок функционирования системы качества; непрерывное обучение кадров; широкое внедрение статистических методов контроля.

По инициативе Исиакавы в Японии начиная с 1962 г. начали развиваться кружки по контролю качества. Он ввел в мировую практику

новый оригинальный графический метод анализа причинно-следственных связей, получивших название диаграммы Исиакавы (“скелет рыбы”, Fishbone Diagram), которая вошла в состав семи простых инструментов контроля качества. Сегодня практически невозможно найти такие области аналитической деятельности по решению проблем качества, где бы не применялась диаграмма Исиакавы.

### Генити Тагути (1924–2012)



Известный японский статистик, лауреат самых престижных наград в области качества (премия им. Деминга присуждалась ему четыре раза). С конца 40-х гг. прошлого столетия изучал вопросы совершенствования промышленных процессов и продукции. Тагути развил идеи математической статистики, относящиеся, в частности, к статистическим методам планирования эксперимента и контроля качества.

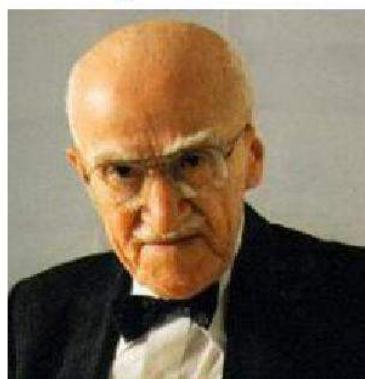
Методы Тагути (термин “методы Тагути” появился в США, сам же Тагути называл свою концепцию “инжиниринг качества”) представляют собой один из принципиально новых подходов к решению вопросов качества. Главное в философии Тагути – это повышение качества с одновременным снижением расходов. Согласно Тагути, экономический фактор (стоимость) и качество анализируются совместно. Оба фактора связаны общей характеристикой, называемой функцией потерь. Методология Тагути опирается на признание фактора неравноценности значений показателя внутри допуска. Функция потерь качества является параболой с вершиной (потери равны нулю) в точке наилучшего значения (номинала), при удалении от номинала потери возрастают и на границе поля достигают своего максимального значения – потери от замены изделия. При анализе рассматриваются потери как со стороны

потребителя, так и со стороны производителя. Методы Тагути позволяют проектировать изделия и процессы, нечувствительные к влиянию так называемых “шумов”, т. е. переменных факторов, вызывающих разброс значений параметров, которые трудно, невозможно или дорого изменить. С экономической точки зрения любые, даже самые малые “шумы” уменьшают прибыль, поскольку при этом растут производственные издержки и затраты на гарантийное обслуживание. Такую устойчивость принято называть робастностью (от англ. robust – крепкий, устойчивый). Тагути акцентирует внимание на этапах, предшествующих проектированию изделия, поскольку именно на них решается задача достижения робастности.

Заслуга Тагути заключается в том, что он сумел найти сравнительно простые и убедительные аргументы и приемы, которые сделали планирование эксперимента в области обеспечения качества реальностью. Именно в этом видит сам Тагути главную особенность своего подхода.

Идеи Тагути в течение 30 лет составляли базу инженерного образования в Японии, где издано его 7-томное собрание сочинений. В США эти методы стали известны в 1983 г. после того, как компания Ford Motors впервые начала знакомить с ними своих инженеров. Невнимание к методам Тагути – одна из причин серьезного отставания от Японии многих производственных компаний США и Европы.

### Джозеф Джуран (1904–2008)



По материалам книги «Всеобщее качество в российских компаниях»  
В.А. Латидуса (<http://www.six-sigma.ru/index.php?id=142>)

Джозеф М. Джуран (Joseph M. Juran) – американский специалист в области качества, академик Международной академии качества (МАК). В 1951 г. в США вышла его книга «Справочник по управлению качеством»

(Handbook for Quality Control), от которой ведет свое начало понятие «управление качеством». В 1964 г. была издана известная книга Джурана «Революция в управлении предприятием».

Дж. Джуран первым обосновал переход от контроля качества к управлению качеством. Им разработана знаменитая «спираль качества» (спираль Джурана) – вневременная пространственная модель, определившая основные стадии непрерывно развивающихся работ по управлению качеством, и послужившая прообразом многих появившихся позже моделей.

<https://jkpersyblog.com/dzhozef-dzhuran-upravlenie-kachestvom/>

Джозеф М. Джуран харизматичная личность и легенда своего времени. Всемирное признание он получил за огромный вклад в управление качеством. Хотя его часто называют одним из основоположников теории всеобщего управления качеством, в действительности труды исследователя были ее предвестниками. Его считают одним из создателей концепции качества в Японии, и он оказал значительное влияние на производство во всем мире.

Дж. Джуран удостоен более 40 почетных докторских степеней, медалей и наград по всему миру, почетного членства во многих организациях. За работу в Японии награжден Орденом Священного сокровища второй степени за «развитие менеджмента качества в Японии и посредничество в дружбе Японии и США». А в США получил Национальную медаль за достижения в области технологий.

В 1954 г. по приглашению Союза японских ученых и инженеров Джуран прочитал серию лекций в Японии. Хотя сам он не придавал им большого значения, японцы полагают, что эти лекции подготовили базу для перехода страны к экономике, основанной на принципах качества.

Дж. Джуран является автором концепции AQI (Annual Quality Improvement) – концепции ежегодного улучшения качества.

В 1979 г. Джуран организовал в США Институт качества, который предоставляет широкий круг услуг, включая обучение специалистов.

## Эдвардс Деминг (1900 – 1993)



<http://www.deming.pro/deming.html>

Всемирно известный ученый, автор многочисленных работ в области менеджмента и управления качеством, в том числе знаменитой книги "Выход из кризиса", глава независимой консультативной фирмы, основанной в 1946 г.

Получив высшее образование в университете штата Вайоминг, Э. Деминг в 28 лет стал доктором физико-математических наук, окончив аспирантуру в Йельском университете. Впоследствии он прослушал курс лекций по теории математической статистики в Лондонском университете, который читал известный ученый Р. Фишер.

При непосредственном содействии доктора Э. Деминга в годы Второй мировой войны министерство образования США организовало во многих университетах США 8-дневные курсы интенсивного обучения методам статистического контроля сотрудников компаний-подрядчиков министерства обороны США.

Доктор Э. Деминг являлся одним из основателей Американского Общества по Контролю Качества, созданного в 1946 г., ему была присуждена одна из самых престижных наград, учрежденных этим Обществом – медаль им. У Шухарта.

Э. Деминга заслуженно считают одним из создателей Японского "чуда", основоположником процесса возрождения японской экономики в послевоенные годы, с его именем связано явление, которое другой известный американский ученый, также немало способствовавший этому процессу, доктор Дж. Джуран называл "революцией в качестве". Цепную реакцию Э. Деминг рисовал на доске во время всех своих встреч с высшим менеджментом в Японии, начиная с 1950 г. Как только японский

менеджмент постиг смысл этой цепной реакции, все жители страны, начиная с 1950 г. обрели общую цель, и имя ей качество.

В знак признания заслуг Э. Деминга в 1951 г. в Японии была учреждена весьма престижная награда его имени, присуждаемая с тех пор ежегодно компаниям за выдающиеся успехи в деле повышения качества и отдельным лицам за существенный вклад в теорию и практику управления качеством. Награда выдается в виде диплома и серебряной медали с профилем доктора Э. Деминга. Торжественная церемония вручения награды транслируется по национальному телевидению. Премией Деминга награждено более 200 компаний и более 70 физических лиц.



Доктор Э. Деминг является автором теории управления качеством, в которой статистические методы – лишь инструмент, а главное – философия нравственности, основанная на уважении к работнику как к личности, вовлеченность в процесс решения текущих проблем всех сотрудников компании, создание психологической атмосферы, искореняющей страх и создающей почву для раскрытия творческого потенциала человека.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
История развития движения за качество.....	4
Классификация статистических методов.....	10
Применение компьютерных технологий в статистических исследованиях.....	13
Лабораторный практикум на тему: Семь инструментов контроля качества.....	24
Работа №1.....	24
Работа №2.....	40
Работа №3.....	50
Проверочная работа.....	68
Заключение.....	70
Список литературы.....	71
Приложение.....	73
Содержание.....	80

*Учебное издание*

**ГИНИС Лариса Александровна**

**Статистические методы контроля и  
управления качеством.  
Прикладные программные средства**

*Учебное пособие*

Редактор *Н. И. Селезнева*

Корректор *Н. И. Селезнева*

Компьютерная верстка *Т. И. Кочергина*

Подписано в печать 26.12.2017.

Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,1.

Бумага офсетная. Тираж 40 экз. Заказ № \_\_\_\_.

Издательство Южного федерального университета

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной  
продукции Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА  
ЮФУ

344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1. Тел. (863) 247-80-51.

