

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Строительно-политехнический колледж

**МДК.03.01 Организация работ по модернизации
и внедрению новых методов и средств контроля**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических и лабораторных работ на тему: «Анализ результатов контроля качества» для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 658.56 (07)
ББК А 640

Составитель М. С. Веденева

Организация работ по модернизации и внедрению новых методов и средств контроля: методические указания к выполнению практических и лабораторных работ для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: М. С. Веденева. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 19 с.

Методические указания содержат теоретический материал, необходимый для выполнения практических и лабораторных работ по дисциплине «Организация работ по модернизации и внедрению новых методов и средств контроля». Разработано на основе требований ФГОС СПО с опорой на научные принципы формирования содержания образования.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ПР_ОРпМиВНМиСК_2.

УДК 658.56 (07)
ББК А 640

Рецензент – И. В. Поцбнева, канд. техн. наук, доц. кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве Воронежского государственного технического университета

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Содержание

Предисловие	4
1 Порядок выполнения практической работы	
1.1 Практическая работа «Построение гистограммы результатов контроля качества продукции»	5
2 Порядок выполнения лабораторных работ	15
2.1 Лабораторная работа «Построение диаграммы Парето по результатам контроля качества продукции»	15
2.2 Лабораторная работа «Построение причинно-следственной диаграммы Исикавы – "рыбья кость" по результатам контроля качества продукции»	21
2.3 Лабораторная работа «Методы описательной статистики»	29
2.4 Лабораторная работа «Регрессионный анализ»	38
2.5 Лабораторная работа «Составление контрольных карт Шухарта»	48
Библиографический список	54
Приложение А. Данные для построения гистограмм	55
Приложение Б. Данные для построения диаграммы Парето	59
Приложение В. Данные для построения гистограмм.	61

Предисловие

Дисциплина «Метрология и стандартизация» является частью профессионального модуля ПМ.03 «Модернизация и внедрение новых методов и средств контроля» профессионального цикла основной образовательной программы по специальности 27.02.07 Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям).

Целью учебной дисциплины является получение обучающимися знаний и освоение основного вида деятельности «Проведение работ по модернизации и внедрению новых методов и средств контроля» и соответствующих ему профессиональных компетенции.

Задачами учебной дисциплины являются:

- ознакомление обучающихся с принципами, методами проведения работ по модернизации и внедрению новых методов и средств контроля;
- обретение обучающимися навыков разработки новых методов и средств технического контроля продукции;
- освоение методов анализа результатов контроля качества продукции с целью формирования предложений по совершенствованию производственного процесса.

Настоящие методические указания являются составной частью учебно-методического обеспечения дисциплины «Основы процесса модернизации и внедрения новых методов и средств контроля» и содержат рекомендации к выполнению лабораторных работ, практических заданий и организации самостоятельной работы обучающихся по специальности 27.02.07 Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям).

1 Порядок выполнения практической работы

1.1 Практическая работа «Построение гистограммы результатов контроля качества продукции»

Цель работы – приобретение навыков построения гистограмм результатов контроля качества продукции.

Основные теоретические положения

Метод построения гистограммы применяется везде, где требуется проведение анализа точности и стабильности процесса, наблюдение за качеством продукции, отслеживание существенных показателей производства. Гистограмма – один из инструментов статистического контроля качества.

Благодаря графическому представлению имеющейся количественной информации, можно увидеть закономерности, трудно различимые в простой таблице с набором цифр, оценить проблемы и найти пути их решения.

Для осмысления качественных характеристик изделий, процессов, производства (статистических данных) и наглядного представления тенденции изменения наблюдаемых значений применяют графическое изображение статистического материала, т. е. строят гистограмму распределения.

Гистограмма – один из вариантов столбиковой диаграммы, позволяющий зрительно оценить распределение статистических данных, сгруппированных по частоте попадания в определенный (заранее заданный) интервал ([рисунок 1.1.1](#)).

Порядок построения гистограммы:

- 1) собрать данные, выявить максимальное и минимальное значения и определить диапазон (размах) гистограммы;
- 2) полученный диапазон разделить на интервалы, предварительно определив их число (обычно 5–20, в зависимости от числа показателей) и определить ширину интервала;
- 3) все данные распределить по интервалам в порядке возрастания: левая граница первого интервала должна быть меньше наименьшего из имеющихся значений;
- 4) подсчитать частоту каждого интервала;
- 5) вычислить относительную частоту попадания данных в каждый из интервалов.

б) по полученным данным построить гистограмму – столбчатую диаграмму, высота столбиков которой соответствует частоте или относительной частоте попадания данных в каждый из интервалов:

– наносится горизонтальная ось, выбирается масштаб и откладываются соответствующие интервалы;

– затем строится вертикальная ось, на которой также выбирается масштаб в соответствии с максимальным значением частот.

Дополнительная информация:

1) структуру вариаций легче увидеть, когда данные представлены графически в виде гистограммы;

2) прежде чем сделать выводы по результатам анализа гистограмм, убедитесь, что данные представительны для существующих условий процесса;

3) не делайте выводов, основанных на малых выборках. Чем больше объем выборки, тем больше уверенность в том, что три важных параметра гистограммы – ее центр, ширина и форма – представительны для всего процесса или группы продукции;

4) для каждой структуры вариаций (типа распределения) существуют свои интерпретации;

5) интерпретация гистограммы – это всего лишь теория, которая должна быть подтверждена дополнительным анализом и прямыми наблюдениями за анализируемым процессом.

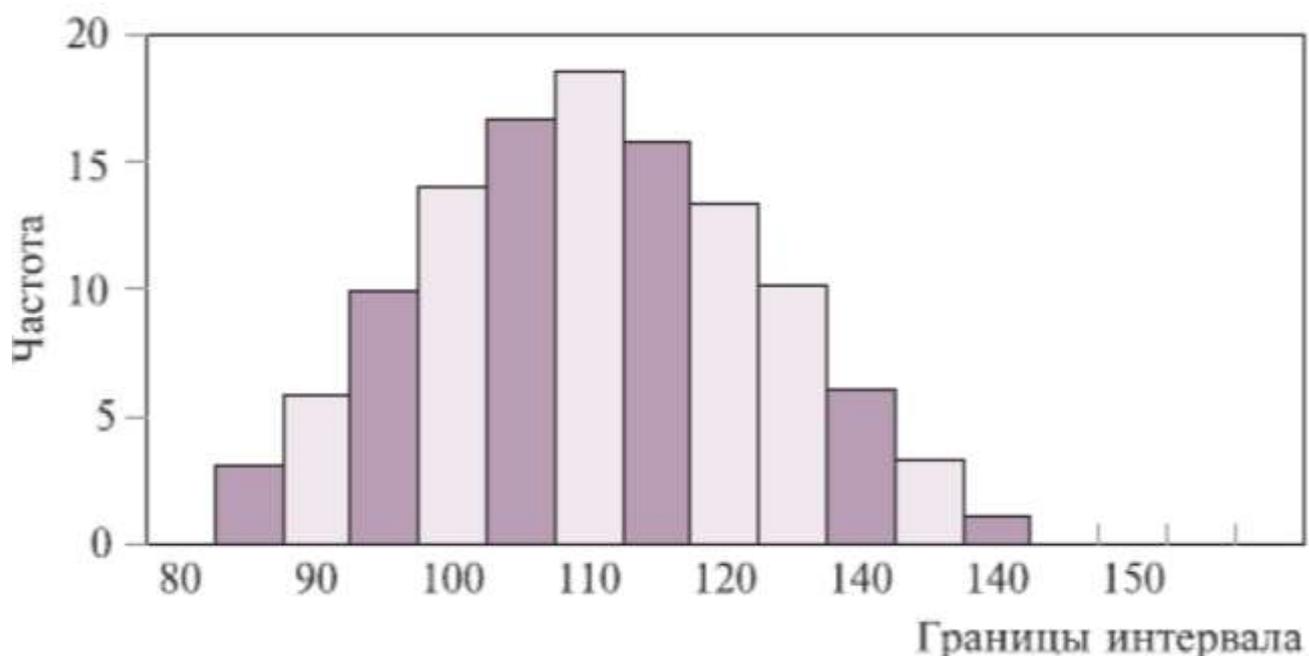


Рисунок 1.1.1 – Гистограмма (нормальное распределение)

Достоинства гистограмм:

- наглядность, простота освоения и применения;
- управление с помощью фактов, а не мнений;
- позволяет лучше понять вариабельность, присущую процессу, глубже взглянуть на проблему и облегчить нахождение путей ее решения.

Недостаток: интерпретация гистограммы, построенная по малым выборкам, не позволяет сделать правильные выводы.

Модификации формы гистограммы

1. Гистограмма с двусторонней симметрией (нормальное распределение). Гистограмма с таким распределением встречается чаще всего. Она указывает на стабильность процесса.

2. Гистограмма, вытянутая вправо. Такую форму с плавно вытянутым вправо основанием гистограмма принимает в случае, когда невозможно получить значения ниже определенного – например, для процента содержания микросоставляющих, для диаметра деталей и т.д.

3. Гистограмма, вытянутая влево. Такую форму с плавно вытянутым влево основанием гистограмма принимает в случае, когда невозможно получить значения выше определенного – например, для процента содержания составляющих высокой чистоты.

4. Двугорбая гистограмма. Такая гистограмма содержит два возвышения (которые чаще всего имеют разную высоту) с провалом между ними и отражает случаи объединения двух распределений с разными средними значениями, например в случае наличия разницы между двумя станками, между двумя видами материалов (или комплектующих), между 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.

5. Гистограмма в форме обрыва, у которой как бы обрезан один край (или оба). Такая гистограмма представляет случаи, когда, например, отобраны и исключены из партии все изделия параметрами ниже контрольного норматива (или выше контрольного норматива, или и те и другие). После исследования причин отклонения значений параметров от нормы и стабилизации процесса можно прекратить отбор всех изделий с параметрами, отличающимися от нормальных.

6. Гистограмма с ненормально высоким краем (в форме обрыва). Такая гистограмма отражает случаи, когда, например, требуется исправление параметра, имеющего отклонение от нормы, или при искажении информации о данных и т. д. После стабилизации процесса

операции по исправлению могут быть прекращены. При этом необходимо уделить внимание случаю грубого искажения данных при измерениях и принять меры к тому, чтобы такие случаи не повторялись.

7. Гистограмма с отделенным островком. Такой гистограммой выражаются случаи, когда была допущена ошибка при измерениях, когда наблюдались отклонения от нормы в ходе процесса и т. д. По результатам анализа гистограммы делают заключение о необходимости настройки измерительного прибора или срочного осуществления контроля параметров процесса и применяют соответствующие меры.

8. Гистограмма с провалом (с "вырванным зубом"). Такая гистограмма получается, когда ширина интервала участка не кратна единице измерения (не выражается целым числом в выбранной единице измерения), когда оператор ошибается в считывании показаний шкалы и др.

9. Гистограмма, не имеющая высокой центральной части. 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.

В тех случаях, когда известна норма, отмечают прямыми линиями верхнюю и нижнюю границу нормы (устанавливают контрольные нормативы) для сравнения с ними распределения, выраженного гистограммой. При взгляде на гистограмму в этом случае сразу ясно, попадает ли гистограмма в интервал между контрольными нормативами. Если норму определить нельзя, на график наносят точки, отображающие запланированные значения, и проводят через них линии для сравнения с ними гистограммы. При сравнении гистограммы с нормой или с запланированными значениями могут иметь место разные случаи.

1. Среднее значение распределения находится посередине между контрольными нормативами, разброс не выходит за пределы нормы. Наиболее желательно положение, когда ширина между контрольными нормативами примерно в 8 раз больше стандартного отклонения s .

2. Гистограмма полностью входит в интервал, ограниченный контрольными нормативами, но разброс значений велик, края гистограммы находятся почти на границах нормы (ширина нормы в 5-6 раз больше стандартного отклонения s). При этом существует возмож-

ность появления брака, поэтому необходимы меры для уменьшения разброса.

3. Среднее значение распределения находится посередине между контрольными нормативами, разброс также находится в пределах нормы, однако края гистограммы намного не доходят до контрольных нормативов (ширина распределения более чем 10 раз превышает стандартное отклонение s). Казалось бы, такое положение не должно вызывать беспокойства, поскольку налицо гарантия против появления брака. Но если сузить ширину нормы т. е. сделать несколько менее строгим стандарт на изделие, можно повысить мощность производства и эффективность с точки зрения сбыта. Если несколько увеличить разброс, т. е. сделать несколько менее строгими стандарты на технологические операции и нормы на сырье, материалы и комплектующие, можно повысить производительность и понизить стоимость исходных материалов комплектующих.

4. Разброс невелик по сравнению с шириной нормы, но из-за большого смещения среднего значения x в сторону нижней границы нормы появляется брак. Необходимы меры, способствующие перемещению среднего значения к средней точке между контрольными нормативами.

5. Среднее значение находится посередине между контрольными нормативами, но из-за большого разброса края гистограммы выходят за границы нормы, т. е. появляется брак. Необходимы меры по уменьшению разброса.

6. Среднее значение смещено относительно центра нормы, разброс велик, появляется брак. Необходимы меры по перемещению среднего значения к средней точке между контрольными нормативами и уменьшению разброса.

Таким образом, сравнение вида распределения гистограммы с нормой или запланированными значениями дает важную информацию для управления процессом.

Пример построения гистограммы

Гистограмма строится в следующем порядке. Систематизируют данные, собранные, например, за 10 дней или за месяц. Число данных должно быть не менее 30-50, оптимальное число - порядка – 100. Если их оказывается более 300, затраты времени на их обработку оказываются слишком большими. Следующий шаг – определение наибольшего L и наименьшего S значений данных. При большом

числе значений (порядка 100) определение L и S затруднительно, поэтому, вначале определяют наибольшее и наименьшее значения в каждом десятке значений, а затем среди полученных значений определяют L и S . Интервал между наибольшим и наименьшим значениями делят на соответствующие участки. Число участков должно примерно соответствовать корню квадратному из числа данных. При числе данных 30-50 число участков должно быть равно от 5 до 7, при числе данных 50-100 от 6 до 10; при числе данных 100-2008 до 15. Далее определяют ширину участка h . Разность между L и S делят на число участков и полученное число округляют. Например, для анализа результатов контроля толщины пластин при $L=2,545$ мм, $S=2,501$ мм и числе участков 9 (количество измерений 90) получим $h=(2,545-2,501):9=0,004888$ мм. Округляем это число и получаем ширину участка $h=0,005$ мм.

Значения границ участков определяют следующим образом. Вначале находят наименьшее граничное значение для первого участка из условия:

$S - (\text{единица измерения}/2)$.

В приведенном примере $S=2,501$ мм; единица измерения составляет 0,001 мм. Таким образом, наименьшее граничное значение для первого участка оказывается равным:

$$2,501 \text{ мм} - (0,001 \text{ мм}/2) = 2,5005 \text{ мм}$$

Прибавляем к полученному значению ширину участка $h=0,005$ мм определяем, что первый участок занимает интервал на оси абсцисс от 2,5005 мм до 2,5055 мм. Аналогично, прибавляя 0,005 мм к 2,5055 мм, получим интервал второго участка (2,5055 – 2,5105 мм) и т. д.

В интервал последнего участка (2,5405 – 2,5455) входит наибольшее значение L .

Следующий шаг – определение центральных значений для участков.

Центральное значение для участка определяют по формуле: Сумма граничных значений участка/2=нижнее граничное значение участка+верхнее граничное значение участка/2.

В приведенном примере центральное значение для первого участка равно:

$$2,5005+2,5055/2=2,503 \text{ мм.}$$

Центральные значения последующих участков находятся прибавлением ширины участка $h=0,005$ мм к значению для предыдущего участка.

В размеченные описанным выше образом интервалы участков размещают данные измеренных значений толщины пластин в каждом интервале, которые составляют частоту f попадания этих данных в соответствующий интервал (таблица 1.1.1).

Таблица 1.1.1 – Интервалы

Номер интервала	Интервал	Центральное значение интервала	Частота f
1	2,5005 – 2,5055	2,503	1
2	2,5055 – 2,5105	2,508	4
3	2,5105 – 2,5155	2,513	9
4	2,5155 – 2,5205	2,518	14
5	2,5205 – 2,5255	2,523	22
6	2,5255 – 2,5305	2,528	19
7	2,5305 – 2,5355	2,533	10
8	2,5355 – 2,5405	2,538	5
9	2,5405 – 2,5455	2,543	6
Сумма			(Σf) 90

По оси абсцисс откладывают значения параметров качества, по оси ординат – частоту. Для каждого участка строят прямоугольник (столбик) с основанием, равным ширине интервала участка; высота его соответствует частоте попадания данных в этот интервал. Если на гистограмме от руки провести кривую распределения данных по частоте, а также верхнее и нижнее предельные значения нормы, то легко можно понять вид распределения гистограммы и соотношение значений контрольных нормативов. На построенной гистограмме проводят перпендикулярную ось абсцисс линии, соответствующую значению \bar{x} .

Для вычисления \bar{x} составляют специальную таблицу (таблица 1.2.1), в которую вносят значения интервалов, среднее значение \bar{x} и частоту f . Сумма частот Σf совпадает с числом данных n .

Определяют значения для столбца U . Для этого полагают $U = 0$ в точке, соответствующей максимальной частоте f , или центральному значению интервала, который, по предположению, является средним в распределении. От этого значения $U = 0$ в сторону уменьшения значения измерения записывают значения U , всякий раз на единицу меньше предыдущего: $-1, -2, -3, \dots$, а в сторону увеличения значений измерения – всякий раз на единицу больше предыдущего: $1, 2, 3, \dots$. Среднее значение интервала, для которого $U = 0$, обозначают через x_0 , ширину интервала – через h .

Таблица 1.2.1 – Результаты расчета

Номер интервала	Интервал	Среднее значение \bar{x}	Частота f	U	Uf	U^2f
1	2,5005 – 2,5055	2,503	1	-4	-4	
2	2,5055 – 2,5105	2,508	4	-3	-12	16
3	2,5105 – 2,5155	2,513	9	-2	-18	32
4	2,5155 – 2,5205	2,518	14	-1	-14	36
5	2,5205 – 2,5255	2,523 = x_0	22	0	0	0
6	2,5255 – 2,5305	2,528	19	1	19	19
7	2,5305 – 2,5355	2,533	10	2	20	40
8	2,5355 – 2,5405	2,538	5	3	15	45
9	2,5405 – 2,5455	2,543	6	4	24	96
Сумма			(Σf) 90	(ΣUf) 30	(ΣU^2f) 302	

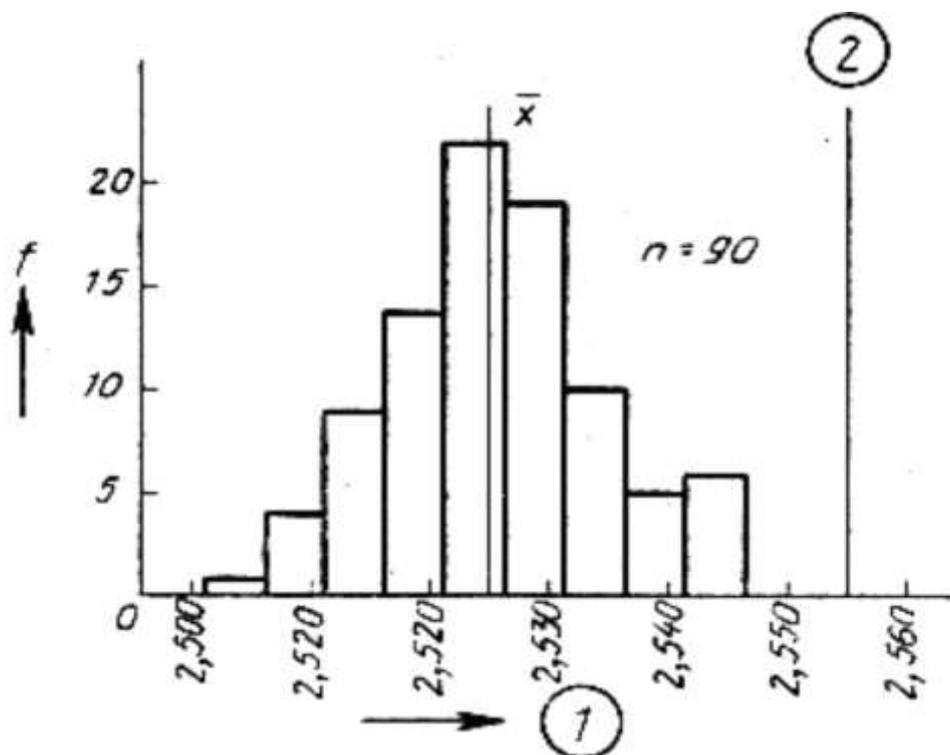
Заполняют столбец Uf , для которого вычисляют произведение U и f и находят сумму ΣUf .

Находя произведение Uf и U , определяют значения для столбца U^2f и сумму U^2f .

Определяют \bar{x} по формуле 1:

$$\bar{x} = x_0 + h \cdot \frac{\Sigma Uf}{\Sigma f} \quad (1)$$

и наносят на гистограмму линию соответствующую \bar{x} (рисунок 1.2.1).



оси: 1 – диаметр оси, мм; 2 – верхняя граница нормы

Рисунок 1.2.1 – Гистограмма

Анализ гистограммы позволяет сделать заключение о состоянии процесса, однако если неясны условия контроля процесса или временные изменения, необходимо в комбинации с гистограммой использовать также контрольные карты и график, представляемый ломаной линией. Полученная в результате анализа гистограммы информация может быть легко использована для построения и исследования причинно-следственной диаграммы, что повысит обоснованность мер, намеченных для улучшения процесса.

Вывод:

Модификация данной гистограммы: Гистограмма с ненормально высоким краем (в форме обрыва). Такая гистограмма отражает случаи, когда, например, требуется исправление параметра, имеющего отклонение от нормы, или при искажении информации о данных и т. д. После стабилизации процесса операции по исправлению могут быть прекращены. При этом необходимо уделить внимание случаю грубого искажения данных при измерениях и принять меры к тому, чтобы такие случаи не повторялись.

Среднее значение распределения находится посередине между контрольными нормативами, разброс также находится в пределах нормы.

Поскольку гистограмма выражает условия процесса за период, в течение которого были получены данные, важную информацию может дать форма распределения гистограммы в сравнении с контрольными нормативами.

План практического занятия

Работа выполняется каждым обучающимся индивидуально в письменной форме в следующей последовательности:

- 1 Ознакомиться с основными теоретическими положениями.
- 2 По варианту из списка группы выбрать данные для измеряемых (контролируемых) параметров действующего процесса ([приложение А](#)).
- 3 Построить гистограмму.
- 4 Проанализировать гистограмму:
 - определить тип распределения данных (нормальное, несимметричное, бимодальное и т. д.);
 - выяснить вариабельность процесса;

– при необходимости осуществить анализ нормального распределения с использованием математического аппарата.

5 Оформить отчет о работе на практическом занятии. Отчет должен содержать:

- тему и цель практического занятия;
- таблицу с первоначальными данными;
- основные формулы для расчета;
- гистограмму и ее модификацию;
- выводы. В выводах должны быть обобщены результаты всей проделанной работы.

Контрольные вопросы для защиты практической работы

1 Назначение и принципы построения гистограммы.

2 Модификация формы гистограммы.

3 Сравнение допусков с распределением, выраженным гистограммой.

Задания для самостоятельной работы

В рамках самостоятельной работы обучающимся необходимо на основании изученных основных теоретических положений пройти в СУО «Moodle» тест по теме «Гистограммы».

2.1 Лабораторная работа «Построение диаграммы Парето по результатам контроля качества продукции»

Цель работы – приобретение навыков построения диаграммы Парето.

Основные теоретические положения

Диаграмму Парето иногда называют «**80/20**», так как в ней находит отражение известный принцип статистики: **80 %** качественной продукции связано всего с **20 %** всех возможных причин.

В 20-х годах для нужд экономики итало-американский экономист Вильфредо Парето разработал столбчатую диаграмму, с помощью которой определил распределение финансовых ценностей в различных слоях населения. Выяснилось, что 20 % населения обычно владеют 80% богатств. Делая более широкое обобщение, он получил эмпирическое правило, из которого, в частности следует, что 20% сотрудников составляют 80 % общего числа прогульщиков, 20% потребителей делают 80 % покупок и т.д. Таким образом, удалось выяснить, что максимальный эффект дает ограниченное множество факторов, и большое множество факторов оказывает минимальный эффект.

Разработанную Парето столбчатую диаграмму Лоренц преобразовал в кумулятивную (накопленную) кривую, а японский менеджер Джуран предложил использовать обе диаграммы совместно в вопросах и задачах обеспечения качества.

Различают два вида диаграмм Парето:

по результатам деятельности – служат для выявления главной проблемы и отражают нежелательные результаты деятельности (например, отказы, дефекты и т.п.);

по причинам (факторам) – отражают причины проблем, которые возникают в ходе производства (например, оборудование, сырье и т.д.) и выявляют главную из них

Рекомендуется строить много диаграмм Парето, используя различные способы классификации, как результатов, так и причин, приводящих к этим результатам. Лучшей следует считать такую диа-

грамму, которая выявляет немногочисленные, наиболее важные факторы, в чем и состоит цель анализа Парето.

Диаграмму Парето применяют вместе с причинно-следственной диаграммой.

Рекомендуется строить много диаграмм Парето, используя различные способы классификации, как результатов, так и причин, приводящих к этим результатам. Лучшей следует считать такую диаграмму, которая выявляет немногочисленные, наиболее важные факторы, в чем и состоит цель анализа Парето.

Для выявления наиболее существенных параметров, влияющих на процесс, применяют так называемый ABC-анализ, при котором согласно правилу 20 – 80 % рабочая зона оси абсцисс делится на три зоны: зону А – наибольшего влияния, которая составляет приблизительно 20 % от общего числа рассматриваемых параметров, в том числе «прочие», зону В – промежуточную, которая составляет приблизительно 20 % от оставшихся после выделения зоны А параметров, и зону С – наименьшего влияния. ABC-анализ можно провести и по виду кривых Лоренца и Парето. Такое разбиение позволяет выявить те параметры, на которые следует обратить внимание и предпринять меры, для улучшения процесса, а также те параметры, которые можно исключить из рассмотрения в вопросе улучшения процесса, в виду их незначительного влияния на процесс.

Кроме выявления и ранжирования факторов по их значимости, диаграмма Парето с успехом применяется для наглядной демонстрации эффективности тех или иных мероприятий в области обеспечения качества. Достаточно построить и сравнить две диаграммы Парето до и после реализации каких-либо мероприятий.

Таким образом, Диаграмма Парето обеспечивает простой графический метод классификации причин от наиболее до наименее важных.

План действий:

1. Определить проблему, которую надлежит решить.
2. Учесть все факторы (признаки), относящиеся к исследуемой проблеме.
3. Выявить первопричины, которые создают наибольшие трудности, собрать по ним данные и проранжировать их.
4. Построить диаграмму Парето, которая объективно представит фактическое положение дел в понятной и наглядной форме.
5. Провести анализ диаграммы Парето.

6. Решить какие проблемы (причины проблем) надлежит исследовать, какие данные собирать и как их классифицировать.

7. Разработать формы для регистрации исходных данных (например, контрольный листок).

8. Собрать данные, заполнив формы, и подсчитать итоги по каждому исследуемому фактору (показателю, признаку).

9. Для построения диаграммы Парето подготовить бланк таблицы, предусмотрев в нем графы для итогов по каждом проверяемому фактору в отдельности, накопленной суммы числа проявлений соответствующего фактора, процентов к общему итогу и накопленных процентов.

10. Заполнить таблицу, расположив данные, полученные по проверяемому фактору, в порядке убывания значимости.

Этапы построения диаграммы Парето.

Этап 1

Предполагается, что на данном этапе мы уже имеем результаты всех предыдущих шагов по решению проблем: формулировка и постановка проблемы, анализ ее, сбор необходимых данные и фиксация их в контрольных листках.

Для построения диаграммы необходимо разработать бланк таблицы, в которую заносят:

1. Типы (признаки, проблемы) случаев, данные необходимо располагать в убывающем порядке – в начале таблицы тип события, имеющий наибольшее количество повторений, в конце таблицы – наименьший;

2. Типы с небольшим количеством случаев объединяются в общую и называются прочие или другие для уменьшения трудоемкости построения диаграммы в связи с тем, что о ни не оказывают существенного влияния на конечное качество выполняемых работ и услуг;

3. Количество появлений (повторений) каждого типа;

4. Накопленная сумма числа каждого типа (с нарастающим итогом: к числу предыдущего типа прибавляется следующее);

5. Процент числа по каждому признаку в общей сумме;

6. Накопленный процент (с нарастающим итогом).

В таблице следует подсчитать общую сумму количества случаев по всем типам (признакам). Пример представлен в [таблице 2.1.1.](#)

Таблица 2.1.1 – Пример таблицы данных для построения диаграммы Парето

№ п/п	Типы дефектов	Сумма (Число дефектов)	Накопленная сумма	Процент по каждому признаку в общей сумме	Накопленный процент
1	Деформация	104	104	52	52
2	Царапины	42	146	21	73
3	Раковины	20	166	10	83
4	Трещины	10	176	5	88
5	Пятна	6	182	3	91
6	Разрыв	4	186	2	93
7	Прочие	14	200	7	100
	Итого	200	–	100	–

Этап 2

Далее необходимо начертить одну горизонтальную и две вертикальные оси одной длины:

1. Вертикальные оси

– Левая ось с интервалами от 0 до общей суммы количества случаев, в предложенном примере от 0 до 200;

– Правая ось с интервалами от 0 до 100.

Уровню общей суммы количества случаев должен соответствовать уровень 100% на правой оси.

2. Горизонтальная ось. Интервалы на ней должны быть одинаковыми и соответствовать числу случаев, указанных в таблице (в предложенном примере – 7).

Этап 3

Строится столбиковая диаграмма по значениям типов (признаков) случаев по левой вертикальной оси откладываются количество случаев.

Этап 4

Строится кумулятивная кривая (кривая Парето)

Этап 5

Для этого нанесите на диаграмму точки накопленных сумм для каждого интервала. Положение точки соответствует: по горизонтали – правой границе интервала, по вертикали – величине суммы коэффициентов значений факторов (групп факторов), лежащих левее рассматриваемой границы интервала. Соедините полученные точки отрезками прямых.

Определяется область принятия первоочередных мер.

На уровне 80% итоговой суммы проведите горизонтальную линию от правой оси диаграммы до кумулятивной кривой. Из точки пересечения опустите перпендикуляр на горизонтальную ось. Этот перпендикуляр разделяет факторы (группы факторов) на значимые (располагаются слева) и незначительные (располагаются справа).

Выпишите значимые факторы для принятия первоочередных мер.

Перпендикуляр, разделяющий факторы на значимые и незначительные, далеко не всегда проходит рядом с границей, разделяющей факторы. В связи с этим возникает вопрос: стоит ли включать фактор, в интервал которого попал перпендикуляр, в список первоочередных для принятия мер? Стоит руководствоваться правилом – если перпендикуляр проходит по центру или правее центра интервала, то фактор необходимо включать в список первоочередных, если левее, можно не включать. Пример построения диаграммы Парето представлен на [рисунке 2.1.1](#).

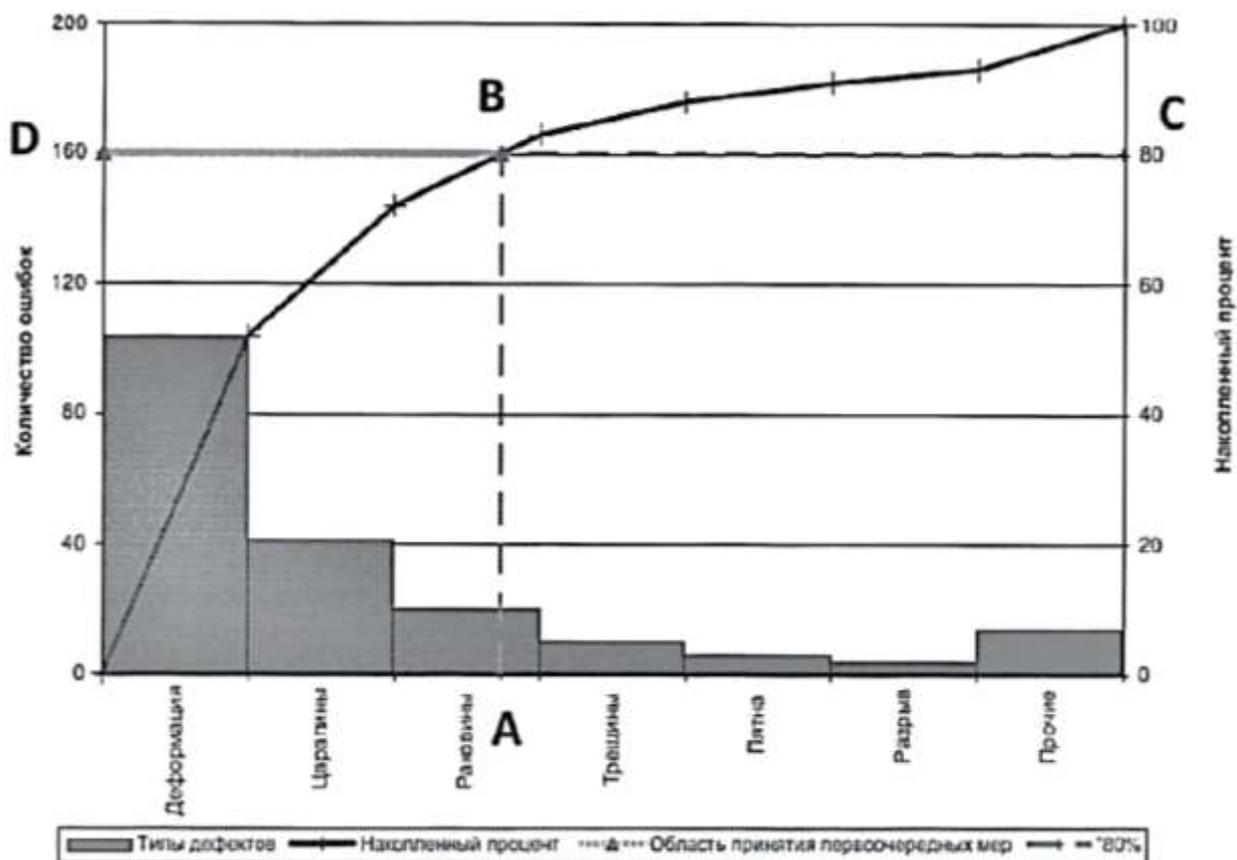


Рисунок 2.1.1 – Диаграмма Парето

Этап 6

На диаграмме располагаются все обозначения и надписи.

Надписи, касающиеся диаграммы (название, разметка числовых значений на осях, наименование контролируемого изделия (события), имя составителя диаграммы).

Надписи, касающиеся данных (период сбора информации, объект исследования и место его проведения, общее число объектов контроля).

План выполнения лабораторной работы

Работа выполняется каждым обучающимся индивидуально в письменной форме в следующей последовательности:

- 1 Ознакомиться с основными теоретическими положениями.
- 2 Получить у преподавателя вариант индивидуального задания ([приложение Б](#)).
- 3 Произвести необходимые расчеты и построить диаграмму Парето.
- 4 Провести анализ полученных данных. Сделать выводы.
- 5 Ответить на контрольные вопросы.
- 6 Оформить отчет о выполнении лабораторной работы. Отчет должен содержать:
 - тему и цель лабораторной работы;
 - результаты проведенных расчетов с обоснованием принятых решений;
 - анализ полученных результатов;
 - выводы. В выводах должны быть обобщены результаты всей проделанной работы.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

- 1 Назначение и область применения диаграммы Парето.
- 2 Классификация результатов (или причин).
- 3 В каких случаях применяют диаграмму Парето?
- 4 Что такое принцип Парето?
- 5 Виды диаграмм Парето.
- 6 С чего начинается построение диаграммы Парето?
- 7 Назначение ABC – анализа.
- 8 Как можно проверить эффективность проведенных мероприятий в области обеспечения качества с помощью диаграмм Парето?

Задания для самостоятельной работы

В рамках самостоятельной работы обучающимся необходимо на основании изученных основных теоретических положений пройти в СУО «Moodle» тест по теме «Диаграмма Парето».

2.2 Лабораторная работа «Построение причинно-следственной диаграммы Исикавы – "рыбья кость" по результатам контроля качества продукции»

Цель работы – изучение метода выявления и анализа причин возникновения несоответствующих результатов процессов, а также приобретение навыков построения и анализа причинно-следственной диаграммы.

Основные теоретические положения

Результат процесса построения причинно-следственной диаграммы Исикавы зависит от многочисленных факторов, между которыми существуют отношения типа «причина-результат». Структуру или характер этих многофакторных отношений можно определить благодаря систематическим наблюдениям. Трудно решить сложные проблемы, не зная этой структуры, которая представляет собой цепь причин и результатов. Диаграмма причин и результатов – средство, позволяющее выразить эти отношения в простой и доступной форме.

Эта диаграмма позволяет проводить поиск причин дефектов *без риска упустить какую-нибудь из них*. В настоящее время диаграмма используется во всем мире и известна как диаграмма Исикавы.

В 1953 г. профессор Токийского университета Каори Исикава, обсуждая проблему качества на одном заводе, суммировал мнение инженеров в форме диаграммы причин и результатов. Она получила название «схема Исикавы» (по внешнему виду она напоминает разветвленное дерево, а в Японии ее часто называют “рыбий скелет”, «рыбья кость» или диаграмма “речных притоков” за некоторое внешнее сходство). Она нашла широкое распространение во многих фирмах Японии и была включена в японский промышленный стандарт по терминологии в области контроля качества.

Диаграмма представляет собой средство графического упорядочения факторов, влияющих на объект анализа (рисунок 2.2.1). Главным достоинством диаграммы Исикавы является то, что она даёт наглядное представление не только о тех факторах, которые влияют на изучаемый объект, но и о причинно-следственных связях этих факторов. В основе построения диаграммы лежит определение (постановка) задачи, которую необходимо решать.

Диаграмма причин и результатов (диаграмма Исикавы) – диаграмма, которая показывает отношение между показателем качества и воздействующими на него факторами.

При вычерчивании причинно-следственной диаграммы Исикавы самые значимые параметры и факторы располагают наиболее близко к голове «рыбьего скелета». Построение начинают с того, что к центральной горизонтальной стрелке, изображающей объект анализа, подводят большие первичные стрелки, обозначающие главные факторы (группы факторов), влияющие на объект анализа. Далее к каждой первичной стрелке подводят стрелки второго порядка, к которым, в свою очередь, подводят стрелки третьего порядка и т.д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа в конкретной ситуации. Каждая из стрелок, нанесённая на схему, представляет собой в зависимости от её положения либо причину, либо следствие: предыдущая стрелка по отношению к последующей всегда выступает как причина, а последующая – как следствие.

Наклон и размер не имеют принципиального значения. Главное при построении схемы заключается в том, чтобы обеспечить правильную соподчинённость и взаимозависимость факторов, а также чётко оформить схему, чтобы она хорошо смотрелась и легко читалась. Поэтому независимо от наклона стрелки каждого фактора его наименование всегда располагают в горизонтальном положении, параллельно центральной оси.

Для построения причинно-следственной диаграммы необходимо подобрать максимальное число факторов, имеющих отношение к характеристике, которая вышла за пределы допустимых значений. При этом рекомендуется использовать формулы:

«4М» = material (материал) + machine (машина) + man (человек) + method (метод);

«5М» = «4М» + milieu (среда);

«6М» = «5М» + monitoring (контроль).

Когда решается задача анализа возможных причин, ответственных за тот или иной дефект или проблему, целесообразно рассматривать эти причины не хаотично, а определенным образом упорядочить, провести их классификацию, выявить максимально возможное их количество. И при этом очень важно обеспечить наглядность, т.е. ситуацию, при которой все причины и их отношение к результату постоянно находились бы в поле зрения.

Объектами исследования с помощью диаграмм причин и результатов могут быть: появление дефектности изделий, увеличение расходов на устранение брака, падение спроса на продукцию на рынке, рост заболеваемости или травматизма персонала и т.д.

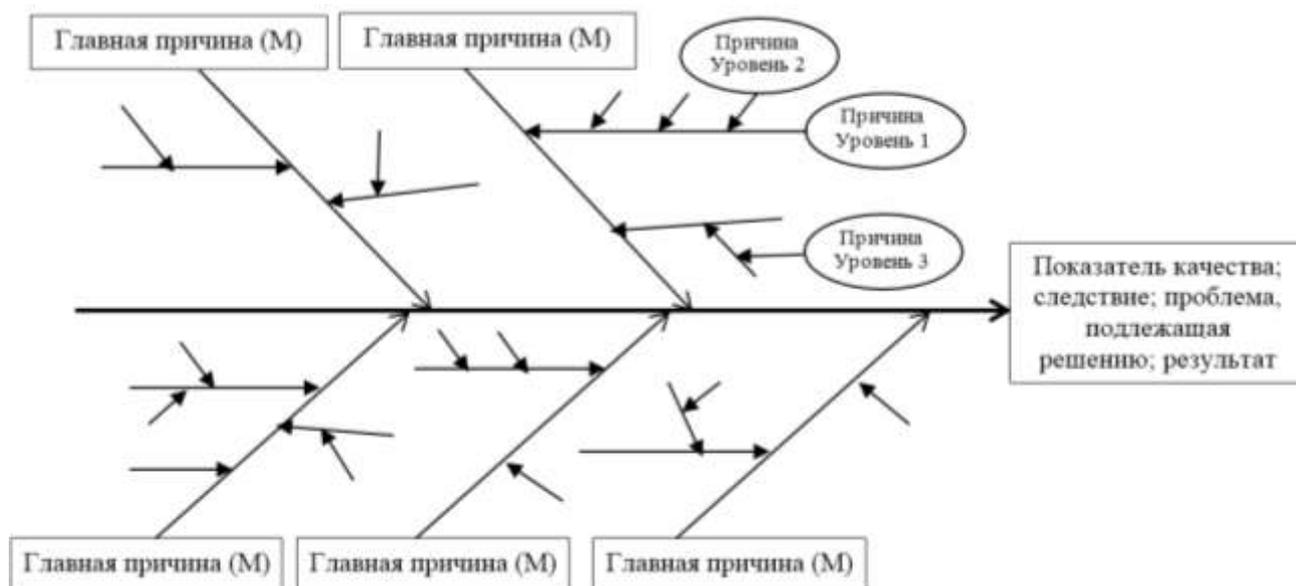


Рисунок 2.2.1 – Причинно-следственная диаграмма

Определение цели

На этом этапе для исследования выбирают или производственную проблему, или один из показателей качества, который содержит тот или иной дефект.

Целесообразно, чтобы этому выбору предшествовало построение диаграммы Парето по результатам и определение существенных дефектов, которые обуславливают наибольшие производственные (в частности финансовые) потери. Тогда в качестве проблемы или объекта исследования будет выступать один из этих дефектов (как правило, тот, который обуславливает максимальные убытки).

Желательно, чтобы анализируемую проблему можно было выразить количественно или выбрать наиболее подходящий параметр, который в большей степени ее отражает.

Этапы построения причинно-следственной диаграммы

При построении диаграммы Исикавы рекомендуется придерживаться следующего порядка действий:

1. Определите перечень показателей качества (видов неудач, дефектов, брака), которые следует проанализировать.
2. Выберите один показатель качества и напишите его в середине правого края чистого листа бумаги. Слева направо проведите

прямую линию, которая будет представлять собой «хребет» будущей диаграммы Исикавы. Диаграмму можно строить по горизонтали, поместив «голову рыбы», т.е. показатель качества, справа или слева и размещая влияющие факторы вдоль «хребта рыбы». Можно строить ее и в виде дерева, по вертикали, размещая исследуемый показатель внизу.

3. Запишите главные причины, влияющие на показатель качества;

Примечание: Рекомендуется воспользоваться мнемоническим приёмом 4М ... 6М при определении этих главных причин.

4. Соедините линиями («большими костями») главные причины с «хребтом», расположив основные на этих главных причин ближе к голове «рыбьего скелета».

5. Определите и запишите вторичные причины для уже записанных главных причин.

Примечание: Используйте метод «мозговой атаки» для выявления вторичных возможных причин выбранной проблемы качества.

6. Соедините линиями («средними костями») вторичные причины с «большими костями».

7. Проверьте логическую связь каждой причинной цепочки.

8. Нанесите всю необходимую информацию (надписи) и проверьте законченность составленной причинно-следственно диаграммы Исикавы.

Несмотря на относительную простоту, построение диаграммы Исикавы требует от её исполнителей хорошего знания объекта анализа и понимания взаимозависимости и взаимовлияния факторов.

Определение главных факторов

Практика показывает, что для любого производства чаще всего число главных факторов, или факторов первого порядка, которые изначально влияют на рассматриваемый показатель качества, улучшая или ухудшая его, определяется правилом «5М»:

- менеджер (человек);
- машина;
- метод;
- материал;
- медиум (среда).

В отдельных случаях главные факторы могут определяться и иначе в зависимости от особенностей производства. В частности, не исключены ситуации, когда главных факторов может быть и меньше, а иногда их число может быть и больше пяти.

Пример:

Пусть исследуется причина порчи продукции при перевозке ее автотранспортом. Тогда главными факторами, которые обуславливают дефект – порчу продукции – будут:

- менеджер (водитель, сопровождающие лица);
- машина (автомобиль);
- метод транспортировки (манера управления, способы упаковки продукции, скорость транспортировки);
- материал (горюче-смазочные или упаковочные материалы);
- медиум (состояние дорог, погодные условия сроки поставки).

Исследуемый показатель качества и главные факторы наносятся на бумагу, как это показано на [рисунок 2.2.2](#).

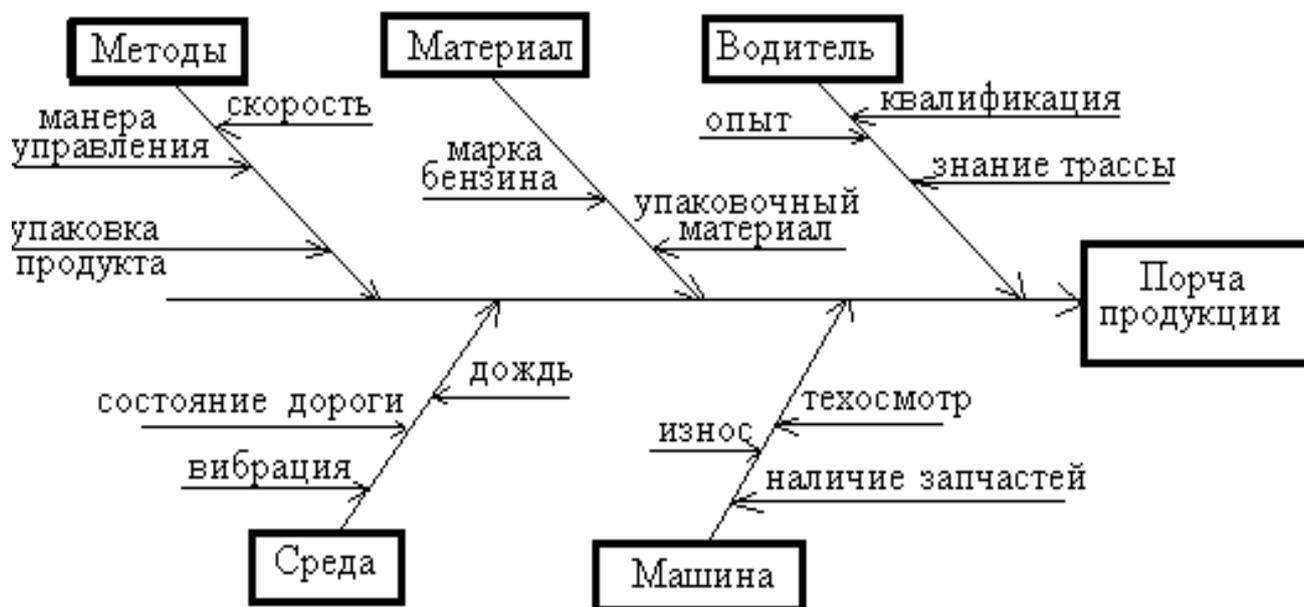


Рисунок 2.2.2 – Пример диаграммы причин и результатов

Выявление вторичных факторов

Безусловно, влияние главных факторов в свою очередь определяется тем, что сами они зависят от каких-то других факторов.

Поэтому после того, как определены главные факторы, выявляются вторичные факторы, влияющие на каждый отдельный фактор из “5М”. Вторичные факторы также наносятся на диаграмму.

В свою очередь факторы второго порядка могут определяться факторами третьего порядка и т.д.

Группировка факторов второго и последующих порядков обычно носит условный характер и зависит от поставленной цели и условий анализа.

Распределение факторов по степени важности

Не все факторы (причины), включенные в диаграмму, будут оказывать сильное влияние на показатель качества. Следует выбрать те из них, которые предположительно оказывают наибольшее воздействие. Это выясняется в процессе анализа, который должны проводить специалисты, хорошо знакомые с проблемой.

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

При работе с диаграммами Исикавы важно помнить, что если на первоначальной стадии еще до построения диаграммы какой-то влияющий фактор выпал из поля зрения, то он вряд ли появится на более поздних стадиях. Поэтому очень важно привлечь к работе над диаграммой как можно больше людей, непосредственно связанных с рассматриваемой проблемой, чтобы в диаграмме ничего не было упущено.

Весьма полезно привлекать к обсуждению проблемы людей, выполняющих конкретные операции (рабочих, контролеров, операторов и т.д.). Кроме того, иногда целесообразно узнать мнение людей, вовсе не причастных к рассматриваемой проблеме. Их взгляд со стороны порой может дать совершенно неожиданное решение и оригинальные мысли.

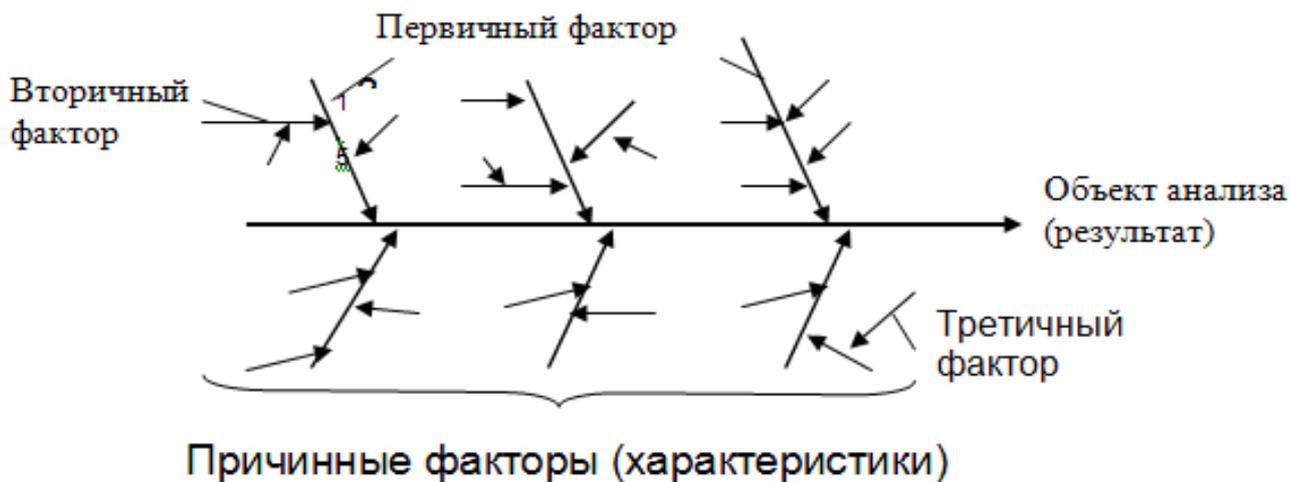
Когда составляется список всевозможных влияющих факторов и затем проводится их распределение по степени важности, весьма полезно с целью генерирования максимально возможного числа идей и сбора мнений различных людей по рассматриваемой проблеме применять метод “мозгового штурма”.

При составлении списка факторов, влияющих на появление дефекта, нельзя отбрасывать ни один из них. Маловероятные факторы могут быть отброшены при последующем анализе, но на схеме они должны быть представлены, чтобы было ясно, что они уже приняты во внимание на каком-то этапе анализа.

В заключение следует подчеркнуть, что построенную диаграмму Исикавы необходимо постоянно совершенствовать, чтобы получить действительно ценную диаграмму, которая поможет в решении и других проблем, могущих возникнуть в дальнейшем в связи с рассматриваемым показателем качества. Кроме того, работа над диа-

граммой, несомненно, повышает квалификацию исследователя и расширяет его знание особенностей технологии производства.

Принцип построения схемы Исикавы показан на [рисунке 2.2.3](#).



[Рисунок 2.2.3](#) – Принцип построения диаграммы причин и результатов

Формулировка показателя качества должна быть краткой и четкой, иначе если показатель будет сформулирован не конкретно, то будет построена диаграмма, основанная на общих соображениях. Такая диаграмма не даст результатов при решении конкретных проблем.

Диаграмма причин и результатов должна постоянно совершенствоваться в процессе работы с ней.

При анализе причин часто приходится пользоваться другими статистическими методами и, прежде всего – методом расслоения. Полезно использовать для решения проблем диаграмму Парето в сочетании с причинно-следственной диаграммой.

План выполнения лабораторной работы

Академическая группа обучающихся делится на подгруппы. В каждой подгруппе выбирается руководитель. Работа выполняется в следующей последовательности:

- 1 Ознакомиться с основными теоретическими положениями.
- 2 Получить у преподавателя вариант индивидуального задания ([таблица 2.2.1](#))
- 3 Провести «мозговой штурм».
- 4 Разработать диаграмму Исикавы.

5 Провести анализ полученной диаграммы. Сделать выводы (предложить меры по повышению качества).

6 Ответить на контрольные вопросы.

7 Оформить отчет о выполнении лабораторной работы. Отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- результаты построения причинно-следственной диаграммы;
- анализ полученных результатов;
- выводы. В выводах должны быть обобщены результаты всей проделанной работы.

Таблица 2.2.1 – Варианты заданий

№ варианта	Тема диаграммы
1	Поражение спортсмена
2	Плохая причёска
3	Плохой отпуск
4	Опоздание на занятия
5	Плохое обслуживание в магазине
6	Ошибки в учебнике
7	Оценка «Неудовлетворительно» на экзамене
8	Низкое качество фотографий
9	Поражения в спортивных матчах
10	Безопасность продуктов питания

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

- 1 Назначение причинно-следственной диаграммы.
- 2 Область применения причинно-следственной диаграммы.
- 3 Поясните порядок построения диаграммы.
- 4 Что означают «мелкие, средние, крупные кости»?
- 5 Что понимается под показателем качества?
- 6 Порядок проведения «мозгового штурма».
- 7 Состав участников «мозгового штурма».

Задания для самостоятельной работы

В рамках самостоятельной работы обучающимся необходимо на основании изученных основных теоретических положений пройти в СУО «Moodle» тест по теме «Диаграмма Исикавы».

2.3 Лабораторная работа «Методы описательной статистики»

Цель работы – ознакомление с показателями описательной статистики.

Основные теоретические положения

Основные показатели описательной статистики

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

Показатели описательной статистики можно разбить на несколько групп.

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

2. **Показатели вариации** описывают степень разброса данных относительно своего центра. К ним в первую очередь относятся: дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации, размах выборки и т. п. Эти показатели определяют, насколько кучно основная масса данных группируется около центра.

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

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

Показатели положения

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

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

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

Средняя арифметическая для простого ряда:

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

Средняя арифметическая взвешенная определяется из следующего выражения:

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

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

В формулах средней арифметической взвешенной, рассчитываемой для интервального вариационного ряда, в качестве x принято брать середину интервала, исходя из предположения о равномерном распределении единиц совокупности на данном интервале. Середина интервала определяется как полусумма значений его нижней и верхней границ (при условии, что верхняя граница данного интервала совпадает с нижней границей следующего интервала).

Расчет средней арифметической по данным ряда распределения имеет свои особенности. Проиллюстрируем эти особенности по данным группировки в [таблице 2.3.1](#).

Таблица 2.3.1 – Расчет среднего производственного стажа работников на основе ряда распределения

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

В данном случае используется формула средней арифметической взвешенной.

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

Структурные средние.

К структурным средним относятся:

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

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

Для *дискретного* ряда мода находится непосредственно по определению.

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

В интервальном вариационном ряду мода рассчитывается по формуле:

$$M_o = X_o + h \frac{f_2 - f_1}{(f_2 - f_1) + (f_2 - f_3)},$$

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

h – ширина интервала;

f_2 – частота модального интервала;

f_1 – частота интервала, предшествующего модальному;

f_3 – частота интервала, последующего за модальным.

Пример. Имеются следующие данные ([таблица 2.3.2](#)).

Таблица 2.3.2 – Вычисление моды вариационного интервального ряда

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

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

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

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

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

Медиана для интервального ряда распределения рассчитывается по формуле:

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

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

S – накопленная частота до модального интервала.

Пример. Имеются следующие данные (таблица 2.3.3).

Таблица 2.3.3 – Месячная заработная плата рабочих группы малых предприятий одного из регионов

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

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

Решение.

По условию задачи имеется интервальный ряд распределения рабочих, поэтому средняя заработная плата вычисляется по формуле

средней арифметической взвешенной с предварительным определением середины каждого интервала

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

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

Далее исчислим моду и медиану:

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

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

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

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

Показатели вариации.

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

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

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

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

Однако этот показатель не дает представления о характере вариационного ряда, расположении вариантов вокруг средней и может сильно меняться, если добавить или исключить крайние варианты (когда эти значения аномальны для данной совокупности). В этих случаях размах вариации дает искаженную амплитуду колебания против нормальных ее размеров.

2. **Дисперсия** определяется из выражения

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

3. **Среднее квадратическое отклонение:**

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

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

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

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

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

Проиллюстрируем расчет показателей вариации.
Пример. Имеется ряд распределения (таблица 2.3.4).

Таблица 2.3.4 – Распределение по стажу

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

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

Решение

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

Для определения остальных показателей воспользуемся таблицей 2.3.5.

Таблица 2.3.5 – Расчет показателей вариации производственного стажа работников

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

1. Средняя арифметическая взвешенная:

$$\bar{x} = \frac{\sum xf}{\sum f} = \frac{2,5 \cdot 4 + 5,5 \cdot 5 + 8,5 \cdot 2}{14 + 5 + 2} = \frac{54,5}{11} = 4,95.$$

2. Дисперсия равна:

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

3. Среднее квадратическое отклонение равно:

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

4. Коэффициент вариации равен:

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

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

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

План выполнения лабораторной работы

Работа выполняется каждым обучающимся индивидуально в письменной форме производится в следующей последовательности:

1 Ознакомиться с основными теоретическими положениями.

2 Получить у преподавателя вариант индивидуального задания ([приложение В](#)).

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

4 Оформить отчет о выполнении лабораторной работы. Отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- основные формулы, определяющие среднее арифметическое значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, моду, медиану, размах;
- результаты проведенных расчетов;
- анализ полученных результатов;
- выводы. В выводах должны быть обобщены результаты всей проделанной работы.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

- 1 Что такое среднее арифметическое?
- 2 Как находится среднее арифметическое?
- 3 Что такое медиана и как она вычисляется?
- 4 Что такое размах и как его находят?

5 Что такое дисперсия и как она вычисляется?

6 Что такое мода и как она вычисляется?

7 Что такое среднее квадратическое отклонение и как оно вычисляется?

8 Что такое коэффициент вариации и как его находят?

Задания для самостоятельной работы

В рамках самостоятельной работы обучающимся необходимо на основании изученных основных теоретических положений, для полученной статистической совокупности определить асимметрию и эксцесс.

2.4 Лабораторная работа «Регрессионный анализ»

Цель работы – научиться выполнять регрессионный анализ.

Основные теоретические положения

Наряду с корреляционным анализом еще одним инструментом изучения статистических зависимостей является регрессионный анализ. Регрессионный анализ устанавливает формы зависимости между случайной величиной Y (зависимой) и значениями одной (X) или нескольких переменных величин (независимых). Такая зависимость обычно определяется некоторой математической моделью (уравнением регрессии), содержащей несколько неизвестных параметров.

Парная линейная регрессия

В линейном регрессионном анализе связь между случайными величинами предполагается линейной. В самом простом случае в линейной регрессионной модели имеются две переменные X и Y . И требуется по n парам наблюдений $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ построить (подобрать) прямую линию, называемую линией регрессии, которая «наилучшим образом» приближает наблюдаемые значения.

Уравнение этой линии: $Y = a + bX$ является регрессионным уравнением. С помощью регрессионного уравнения можно предсказать ожидаемое значение зависимой величины y_i , соответствующее заданному значению независимой переменной x_i .

Для оценки параметров регрессии, т.е. коэффициентов уравнения a и b используется метод наименьших квадратов. При этом в качестве оценок параметров регрессии принимаются такие значения коэффициентов уравнения \tilde{a} и \tilde{b} , которые минимизируют сумму квадратов отклонений наблюдаемых значений y_i от расчетных:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx)^2 \Rightarrow \min$$

Приравнивая нулю производные от этого выражения по a и b , получим зависимости для оценивания параметров модели:

$$\tilde{b} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad \tilde{a} = \bar{y} - \tilde{b}\bar{x},$$

Прогнозируемое по модели значение зависимой переменной равно:

$$\tilde{y}_i = \tilde{a} + \tilde{b}x_i$$

В MS EXCEL для нахождения коэффициентов a и b можно использовать функции «ОТРЕЗОК» и «НАКЛОН», «Мастер диаграмм», а также инструмент «Регрессия» из пакета «Анализ данных».

Рассмотрим особенности нахождения уравнения линейной регрессии на следующем примере.

Пример 1.

Исследуется зависимость между пределом прочности прессованной детали y (МПа) и температурой при прессовании x (град). Экспериментально получены следующие данные (таблица 2.4.1):

Таблица 2.4.1 – Результаты измерений

X	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
Y	110	107	105	98	100	95	95	92	86	83

Определите зависимость между этими параметрами.

Решение

1 Ход решения при помощи функций «ОТРЕЗОК» и «НАКЛОН» и его результаты показаны на рисунке 2.4.1. Как видно найденные коэффициенты равны: $a = 178,1090909$, $b = -0,56848485$ и уравнение линейной регрессии выглядит следующим образом:

$$y = 178,1090909 - 0,56848485x.$$

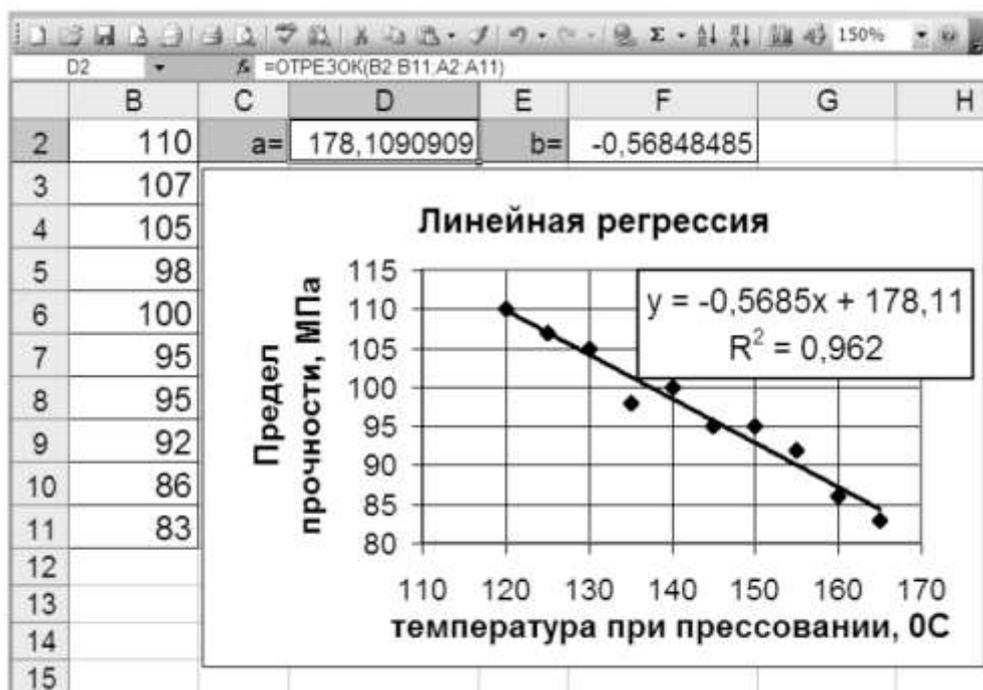
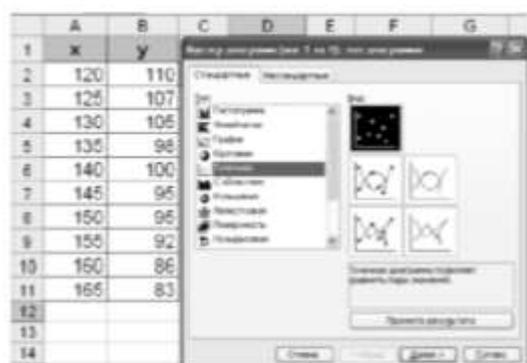


Рисунок 2.4.1 – Решение примера 1 при помощи функций «ОТРЕЗОК» и «НАКЛОН»

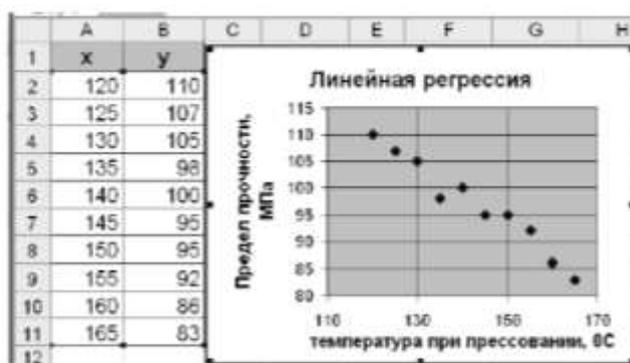
2 Ход решения при помощи мастера диаграмм показан на [рисунке 2.4.2](#). На первом шаге решения выбираем точечный график ([рисунке 2.4.2а](#)). На следующих шагах мастера диаграмм производим построение и форматирование графика ([рисунке 2.4.2б](#)). Для построения линии регрессии вызываем процедуру «добавить линию тренда» и в разделе процедуры «Тип» выбираем «линейную» ([рисунке 2.4.2в](#)). Выбираем в разделе «Параметры» этой процедуры «показывать уравнение на диаграмме» и получаем окончательный результат решения *примера 1* ([рисунке 2.4.2г](#)).

3 Ход решения при помощи инструмента «Регрессия» из пакета «Анализ данных» показан на [рисунке 2.4.3](#).

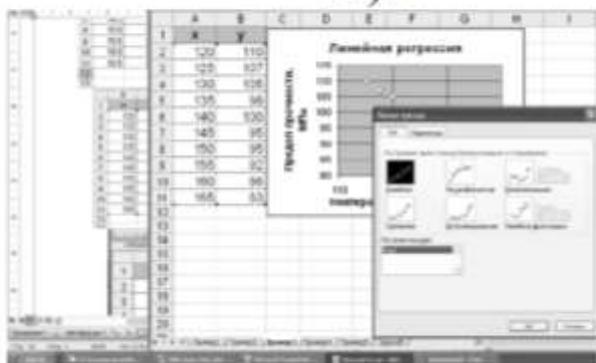
Вызвав из пакета «Анализ данных» процедуру «Регрессия», вводим в разделе «Входные данные» адреса ячеек с параметрами x и y . Установив флажок «Уровень значимости», вводим его значение. Для нашего примера оно составляет 95, что означает 0,95 при вероятности ошибки $1 - 0,95 = 0,05$. Далее в разделе «Параметры вывода» устанавливаем переключатель на «Выходной интервал» и указываем адрес ячейки начала выходного интервала. Устанавливаем флажок «Остатки» и нажимаем кнопку «ОК».



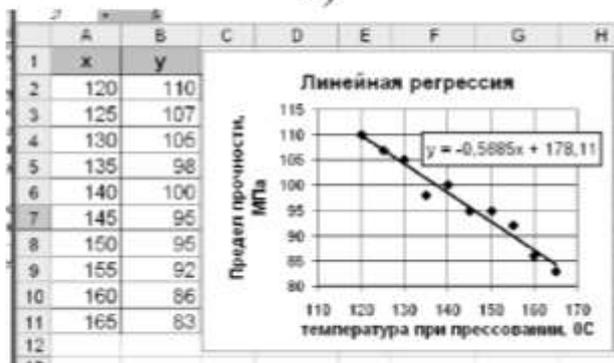
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.4.2 – Решение примера 1 при помощи мастера диаграмм

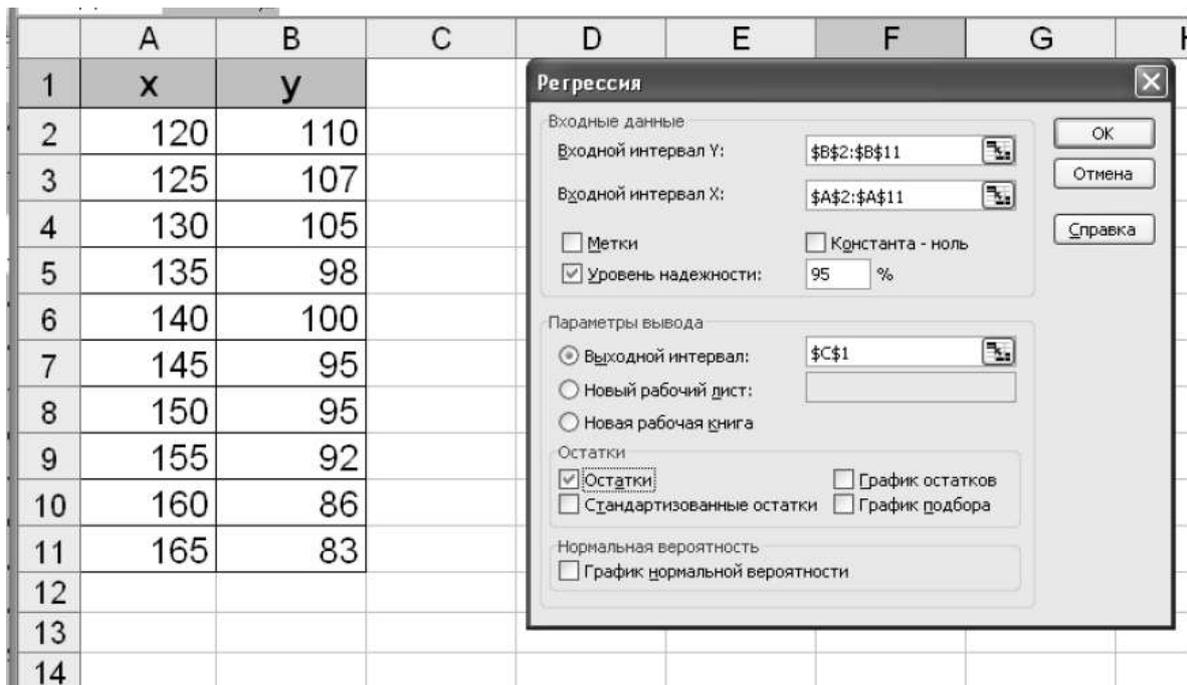


Рисунок 2.4.3 – Ввод исходных данных в окне процедуры «Регрессия»

На рисунке 2.4.4 представлены результаты решения рассматриваемого примера. Следует отметить, что из полного списка результатов решения здесь представлена только выборка, необходимая при рассмотрении данного примера.

Из представленных результатов видно, что коэффициент a уравнения регрессии (Y -пересечение) равен 178,1090909, а коэффициент b (Переменная X_1) равен -0,568484848. В разделе «ВЫВОД ОСТАТКА» приведена разница между фактическим значением y и выведенным уравнением регрессии.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	x	y						
2	120	110	Вывод итогов					
3	125	107						
4	130	105		Коэффициенты		Вывод остатка		
5	135	98	Y-пересечение	178,1090909		Наблюдение	Предсказанное Y	Остатки
6	140	100	Переменная X 1	-0,568484848		1	109,8909091	0,109090909
7	145	95				2	107,0484848	-0,048484848
8	150	95	Регрессионная статистика			3	104,2060606	0,793939394
9	155	92	R-квадрат	0,961969238		4	101,3636364	-3,363636364
10	160	86				5	98,52121212	1,478787879
11	165	83				6	95,67878788	-0,678787879
12						7	92,83636364	2,163636364
13						8	89,99393939	2,006060606
14						9	87,15151515	-1,151515152
15						10	84,30909091	-1,309090909
16								

Рисунок 2.4.4 – Результаты решения примера 1

В разделе «Регрессионная статистика» приведено рассчитанное значение коэффициента детерминации – квадрата коэффициента корреляции между опытными и прогнозируемыми значениями:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 - n\bar{y}^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{y}^2}$$

Этот показатель введен для характеристики качества уравнения регрессии. Чем ближе этот коэффициент к единице, тем более качественной считается рассматриваемая математическая модель. В нашем случае $R^2 = 0,961969238$, что говорит о высоком качестве представленного уравнения регрессии.

Парная нелинейная регрессия

В общем случае, когда нелинейная регрессия оказывается неадекватной опытными данным, следует рассмотреть нелинейные модели. В «Мастере диаграмм» MS EXCEL используются следующие нелинейные модели: логарифмическая, полиномиальная, степенная и экспоненциальная. Для характеристики качества той или иной модели может быть использован коэффициент детерминации – квадрат коэффициента корреляции между опытными и прогнозируемыми значениями. Чем ближе этот коэффициент к единице, тем более качественной считается модель.

Рассмотрим особенности вывода уравнения регрессии для нелинейных моделей и оценке их качества на следующем примере.

Пример 2

Предприятие, выпускающее сложное горнорудное оборудование испытывает трудности со сбытом своей продукции. Отдел маркетинга провел исследования зависимости количества заказов за последние годы от количества жалоб от потребителей на качество продукции. Результаты исследования приведены в таблице 2.4.2.

Таблица 2.4.2 – Результаты исследования зависимости между количеством рекламаций и количеством заказов

Количество рекламаций	9	10	12	14	18	19	21	23	28
Количество заказов	44	36	38	30	23	20	22	18	16

Необходимо определить математическую зависимость между этими показателями.

Решение

Используем для нахождения уравнения регрессии и построения графической зависимости мастер диаграмм (рисунок 2.4.5).

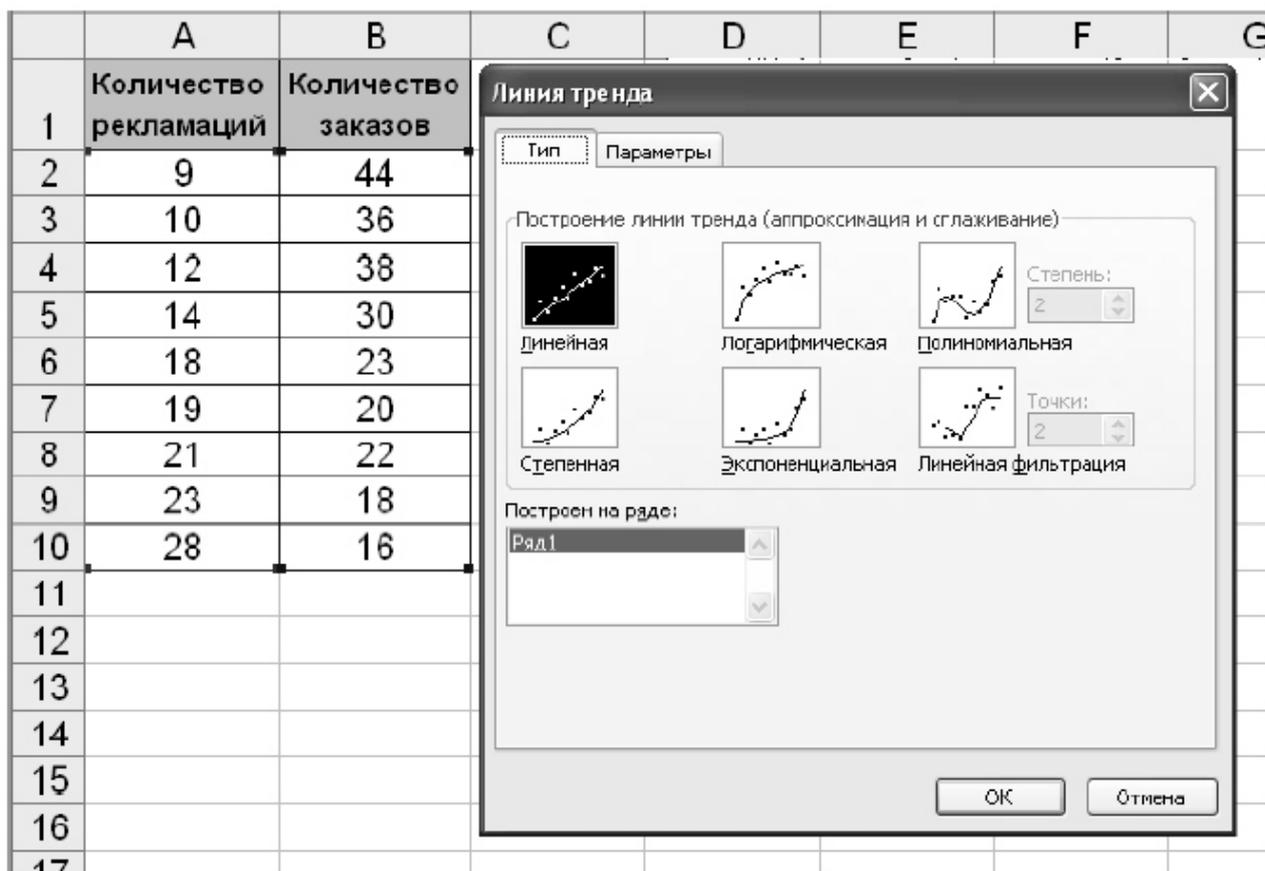
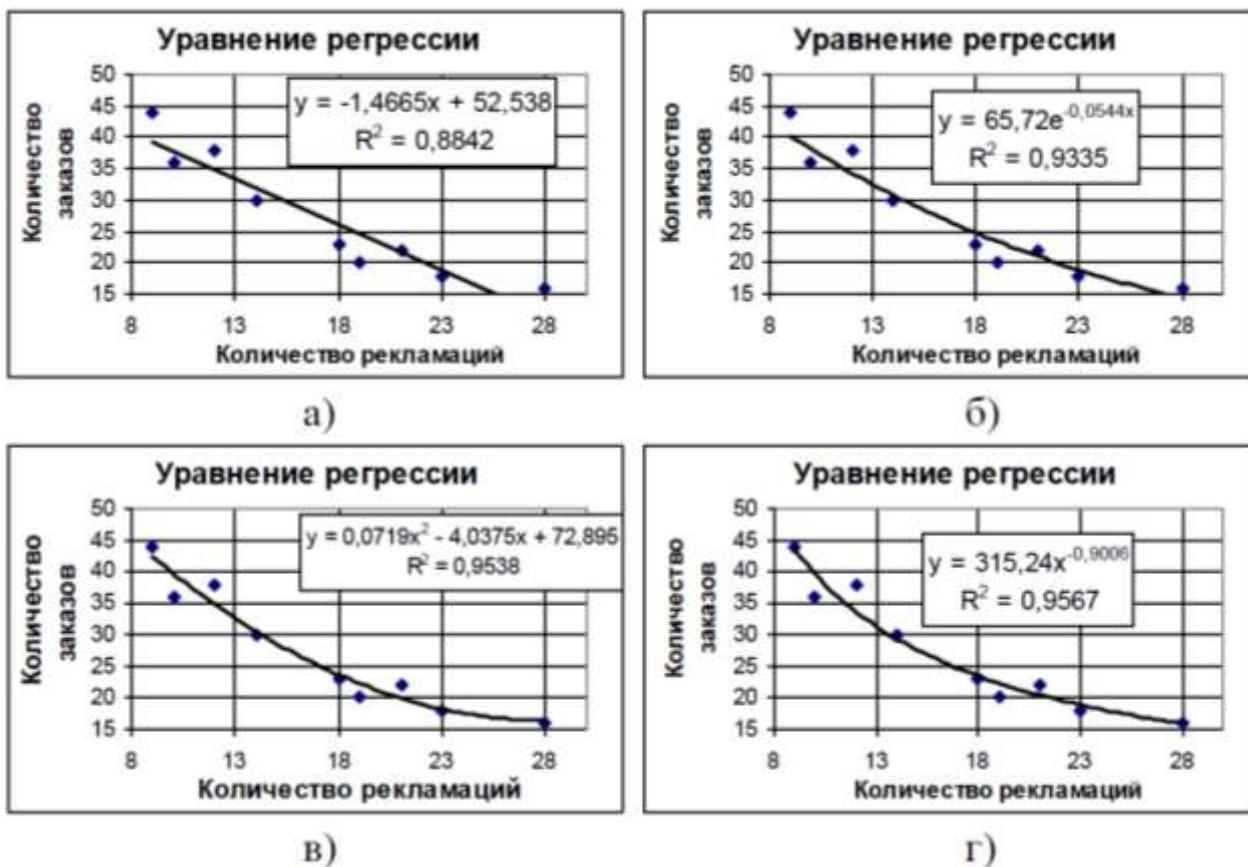


Рисунок 2.4.5 – Использование мастера диаграмм для решения примера 2

Выбираем для исследования следующие аппроксимации (приближения): линейную, экспоненциальную, полиномиальную второй степени и степенную. Для каждой из них определяем коэффициент детерминации – квадрат коэффициента корреляции R^2 (рисунок 2.4.6).

Чем ближе этот коэффициент к единице, тем более качественной считается модель. Как видно из представленных данных наилучшее приближение к опытным данным дает степенная аппроксимация ($R^2 = 0,9567$), а наихудшее – линейная аппроксимация ($R^2 = 0,8842$).



- а) линейная аппроксимация, б) экспоненциальная аппроксимация,
 в) полиномиальная второй степени аппроксимация,
 г) степенная аппроксимация

Рисунок 2.4.6 – Использование мастера диаграмм для решения примера 2

Задачи для решения

Задача 1 В исследовательской лаборатории было проведено исследование зависимости толщины защитного покрытия на детали (h , $\mu\text{км}$) от величины анодного тока (I , а). Результаты исследования представлены в таблице 2.4.3.

Таблица 2.4.3 – Результаты исследования толщины покрытия

I , а	120	125	129	134	141	148	155	162	167	174
h , $\mu\text{км}$	13	17	14	21	19	26	32	28	36	42

Определите линейную зависимость между этими параметрами

а) при помощи функций «ОТРЕЗОК» и «НАКЛОН»,

б) при помощи мастера диаграмм.

с) при помощи инструмента «Регрессия» из пакета «Анализ данных».

Оцените качество полученной математической модели.

Задача 2 В прокатном цехе металлургического комбината провели исследование между температурой металла в конце прокатки (T , °C) и пределом текучести прокатного профиля (σ_T , МПа). Результаты исследования представлены в таблице 2.4.4.

Таблица 2.4.4 – Результаты исследования связи между пределом текучести прокатного профиля и температурой в конце прокатки

T , °C	1100	1150	1090	1080	1040	1060	1020	1010	995	990
σ_T , МПа	285	270	290	289	302	305	316	319	325	323

Определите линейную зависимость между этими параметрами

а) при помощи функций «ОТРЕЗОК» и «НАКЛОН»,

б) при помощи мастера диаграмм.

с) при помощи инструмента «Регрессия» из пакета «Анализ данных».

Оцените качество полученной математической модели.

Задача 3 В рыбном хозяйстве провели исследование между количеством новой прикормки (G , кг), добавляемой ежедневно в корм контрольной группы рыб и величиной месячного прироста их массы (Δ , г). Результаты исследования представлены в таблице 2.4.5.

Таблица 2.4.5 – Результаты исследования между ежедневным весом корма рыб и величиной месячного прироста их массы

G , кг	220	225	237	284	313	322	346	353	384	395
Δ , г	95	98	112	163	199	235	293	311	319	329

Определите характер нелинейной зависимости между этими параметрами и выведите соответствующее уравнение регрессии. Сравните качество получаемой математической модели для следующих аппроксимаций:

а) степенной,

б) полиномиальной,

с) экспоненциальной,

д) логарифмической.

Задача 4 Отдел менеджмента качества организации в рамках внедрения системы ТРМ провел исследование зависимости количества отказов производственного оборудования в течении определенного периода ($N_{отк}$) от его загруженности, которую оценивали коэффициентом загруженности (K_3). Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица – Результаты исследования зависимости количества отказов производственного оборудования от его загруженности

$N_{отк}$	12	10	14	13	15	16	21	35	42	67
K_3	0,8	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97

Выведите уравнение регрессии для различных видов аппроксимации данных и выберите лучшую математическую модель. Объясните свой вывод

План выполнения лабораторной работы

Работа выполняется каждым обучающимся индивидуально в письменной форме и производится в следующей последовательности:

1 Ознакомиться с основными теоретическими положениями.

2 Решить задачи 1-4.

3 Оформить отчет о выполнении лабораторной работы. Отчет должен содержать:

– тему и цель лабораторной работы;

– результаты решения задач;

– анализ полученных результатов;

– выводы. В выводах должны быть обобщены результаты всей проделанной работы.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1 Что такое регрессионный анализ?

2 Что такое линейный регрессионный анализ?

3 Как записывается линейное уравнение регрессии?

4 Какие инструменты имеет «MS Excel» для нахождения коэффициентов уравнения парной линейной регрессии?

5 Как найти коэффициенты уравнения парной линейной регрессии при помощи функций «MS Excel»?

6 Как найти коэффициенты уравнения парной линейной регрессии при помощи мастера диаграмм «MS Excel»?

7 Как найти коэффициенты уравнения парной линейной регрессии при помощи инструмента «Регрессия» из пакета «Анализ данных» «MS Excel»?

8 Что такое коэффициент детерминации и как его используют в регрессионном анализе?

9 Что такое парная нелинейная регрессия?

10 Какие нелинейные модели можно построить в «Мастере диаграмм» «MS Excel»?

12 Какова последовательность выбора и построения модели нелинейной парной регрессии в «MS Excel»?

13 Какая модель, из нескольких построенных, является наиболее качественной?

Задания для самостоятельной работы

В рамках самостоятельной работы обучающимся необходимо на основании изученных основных теоретических положений пройти в СУО «Moodle» тест по теме «Регрессионный анализ».

2.5 Лабораторная работа «Составление контрольных карт Шухарта»

Цель работы – ознакомиться со способами построения контрольных карт и закрепить полученные знания при решении практических задач.

Основные теоретические положения

Контрольные карты – это инструмент, позволяющий контролировать состояние процесса во времени. В отличие от рассмотренных в предыдущих практических работах методов, контрольные карты позволяют предупреждать возникновение несоответствий, принимать корректирующие действия, прежде всего к процессам, а не к продукции.

Контрольные карты – это специальный вид диаграммы, впервые предложенный **В. Шухартом** в 1925 году. Контрольные карты – это графическое отражение состояния процесса, его уровня и изменчивости.

Цель контрольных карт – обнаружить неестественные изменения в данных из повторяющихся процессов и дать критерии для обнаружения отсутствия статистической управляемости. Процесс находится в статистически управляемом состоянии, если его изменчивость вызвана только случайными (обычными) причинами, внутренне присущими процессу. При определении этого приемлемого уровня изменчивости любое отклонение от него считают результатом действия особых причин, которые следует выявить, исключить или ослабить.

Контрольная карта ([рисунок 2.5.1](#)) состоит обычно из трех линий: центральная линия (CL), верхний контрольный предел (UCL), нижний контрольный предел (LCL). Центральная линия является средним значением характеристики контролируемого параметра качества. Верхний и нижний контрольные пределы – максимально допустимые пределы изменения значений контролируемой характеристики (показателя качества), при которых процесс соответствует предъявляемым к нему требованиям.

Нанесенные на график данные сравниваются с контрольными границами ([рисунок 2.5.2](#)). Точка графика, находящаяся вне области контрольных границ, дает сигнал о возможном изменении процесса, его нестабильности, из-за действия особой причины.

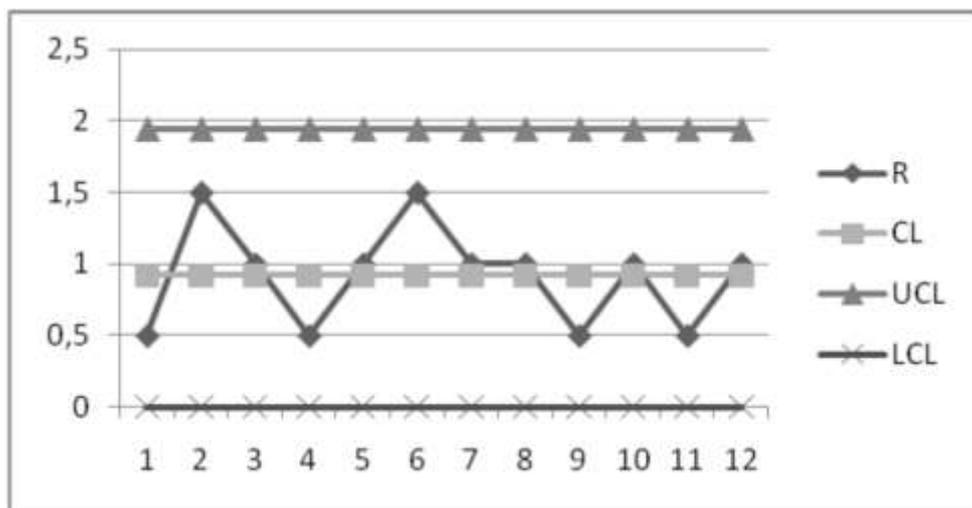


Рисунок 2.5.1 – Пример контрольной карты

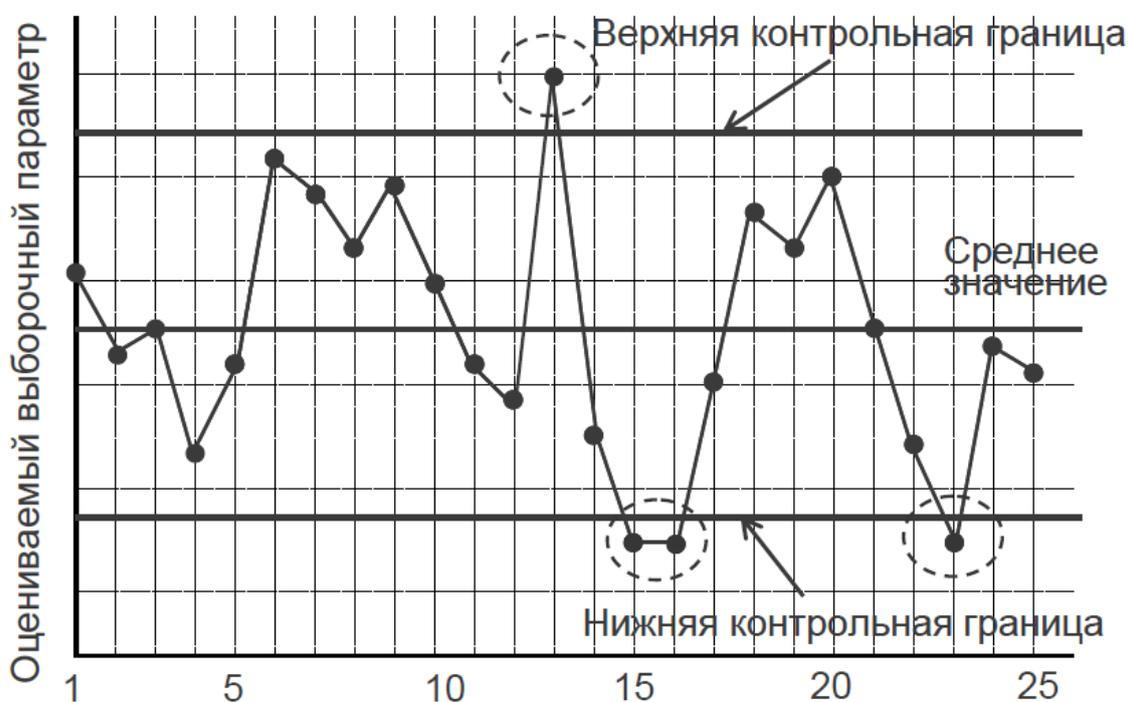


Рисунок 2.5.2 – Контрольная карта нестабильного процесса

По типу используемых при построении контрольных карт выборочных данных, контрольные карты подразделяются на **количественные и качественные**:

- контрольные карты по количественному признаку предназначены для контроля параметров качества, представляющих собой непрерывные случайные величины, значения которых являются количественными данными параметра качества (например, значения размеров, масса, предел прочности, время, прибыль и т.п.);

- контрольные карты по альтернативному признаку предназначены для контроля параметров качества, представляющих собой дис-

кретные случайные величины и значения, которые являются качественными данными: годен – негоден, соответствует – не соответствует, дефектное – бездефектное и т.п. (например, наличие этикетки, ошибки в документах, наличие микротрещин на поверхности стекла;. но иногда рассматривают и количественные данные когда эти данные фиксируются в простой форме – да/нет, такие как соответствие диаметра штифта проходному калибру).

Каждый из типов контрольных карт имеет свои разновидности:

к картам по количественным признакам относятся:

- (\bar{X} - и S-карты) – карты средних и стандартных отклонений;
- (\bar{X} - и R-карты) – карты средних и размахов;
- (\tilde{X} - и R-карты) – медиан и размахов;
- (X- и MR-карты) – индивидуальных значений и скользящих размахов.

к картам по альтернативным признакам относятся:

- *p*-карта для доли несоответствующих единиц продукции;
- *np*-карта для числа несоответствующих единиц продукции в выборке;
- *c*-карта для числа несоответствий в выборке;
- *u*-карта числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции.

Каждая из разновидностей контрольных карт обладает своими характерными особенностями, поэтому при выборе типа контрольной карты в целях контроля и/ или регулирования процессов необходимо четко понимать эти особенности применительно к конкретной ситуации предполагаемого использования.

Порядок построения

Для построения X-карты необходимо рассчитать среднее значение измеряемого параметра по каждой смене (\bar{X}), а затем среднее средних по двенадцати значениям ($\bar{\bar{X}}$). Далее необходимо рассчитать стандартное отклонение S:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}},$$

где X_i – *i*-е значение измеряемого параметра по каждой смене.

Для S-карты необходимо рассчитать среднее значение стандартных отклонений по всем сменам (\bar{S}).

Далее необходимо рассчитать верхнюю и нижнюю границы для карт (UCL и LCL).

Для X-карты:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{S};$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{S},$$

где A_3 – коэффициент, зависящий от количества измерений в смене, $A_3 = 1,427$.

Для S-карты:

$$UCL = B_4 \cdot \bar{S};$$

$$LCL = 0,$$

где B_4 – коэффициент, зависящий от количества измерений в смене, $B_4 = 2,089$.

Задачи для решения

Задача 1

Исходные данные. В течение 12 смен на заводе по выпуску ПВХ профиля в каждую смену производили замер ширины профиля (X), мм (таблица 2.5.1).

Таблица 2.5.1 – Исходные данные для задачи 1

Номер смены	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Сумма x	Среднее значение x	Сумма квадратов $(x_i - x_{cp})^2$	S
1	58	58,1	57,9	58,2	58				
2	58,3	58,3	58,2	58,2	58,3				
3	58,2	58,2	58,3	58,2	58,3				
4	58,1	58	57,9	58,1	58,2				
5	57,9	57,8	57,7	57,9	57,8				
6	57,8	57,8	57,7	57,8	57,7				
7	57,7	57,7	57,8	57,6	57,7				
8	58	58	57,9	58,1	58,1				
9	57,9	57,9	57,7	57,8	57,9				
10	57,9	57,9	57,8	57,8	57,7				
11	58,1	58,4	58,1	58,3	58,2				
12	58,1	58,2	58	58,2	58				
						Среднее значение		Среднее значение	

Задача. Построить контрольные карты Шухарта: X-карту (карту средних значений измеряемого параметра), на X-карту нанести допуски по требованию ГОСТ на ПВХ профиль; S-карту (выборочных стандартных отклонений). Сделать выводы по управляемости процессом. Какие причины вызвали отклонения от границ?

Допуски по требованию ГОСТ 30673-2013 на ПВХ профиль для X-карты: верхняя граница (в.г.) – 58,3 мм, нижняя граница (н.г.) – 57,7 мм. Все расчетные значения округлять до второго знака после запятой.

Задача 2

Исходные данные. В течение 12 смен на заводе по производству кирпича в каждую смену производили замер толщины кирпича (X), мм (таблица 2.5.2).

Таблица 2.5.2 – Исходные данные для задачи 2

Номер смены	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Сумма x	Среднее значение x	Сумма квадратов $(x_i - x_{cp})$	S
1	65	65	66	66	66				
2	67	66	66	65	65				
3	67	67	65	65	65				
4	63	65	63	63	65				
5	63	64	65	64	64				
6	65	65	65	65	66				
7	67	65	66	66	65				
8	63	64	65	65	65				
9	64	64	65	65	65				
10	66	66	67	66	67				
11	66	65	65	66	66				
12	65	66	67	65	66				
						Среднее значение		Среднее значение	

Задача. Построить контрольные карты Шухарта: X-карту (карту средних значений измеряемого параметра), на X-карту нанести допуски по требованию ГОСТ на кирпич керамический; S-карту (выборочных стандартных отклонений). Сделать выводы по управляемости процессом. Какие причины вызвали отклонения от границ?

Допуски по требованию ГОСТ 530-2012 на кирпич керамический для X-карты верхняя граница (в.г.) – 68 мм, нижняя граница (н.г.) – 62 мм. Все расчетные значения округлять до второго знака после запятой.

План выполнения лабораторной работы

Работа выполняется каждым обучающимся индивидуально в письменной форме производится в следующей последовательности:

1 Ознакомиться с основными теоретическими положениями.

2 Решить задачи 1-2.

3 Оформить отчет о выполнении лабораторной работы. Отчет должен содержать:

– тему и цель лабораторной работы;

– результаты решения задач;

– анализ полученных результатов;

– выводы. В выводах должны быть обобщены результаты всей проделанной работы.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1 Назначение контрольных карт.

2 Область применения контрольных карт.

3 Автор контрольных карт.

4 Преимущества контрольных карт перед другими графическими средствами.

5 Два типа контрольных карт.

6 Порядок построения контрольных карт.

7 Анализ контрольных карт.

Задания для самостоятельной работы

В рамках самостоятельной работы обучающимся необходимо на основании изученных основных теоретических положений пройти в СУО «Moodle» тест по теме «Контрольные карты».

Библиографический список

1. Горленко, О. А. Статистические методы в управлении качеством : учебник и практикум для СПО / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць ; под редакцией О. А. Горленко. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 270 с. – ISBN 978-5-534-01676-5. – URL: <https://urait.ru/bcode/452971> (дата обращения: 09.01.2020).

2. Мойзес, Б. Б. Статистические методы контроля качества и обработка экспериментальных данных : учебное пособие для СПО / Б. Б. Мойзес, И. В. Плотникова, Л. А. Редько. – 2-е изд. – Москва : Юрайт, 2020. – 118 с. – ISBN 978-5-534-12574-0. – URL: <https://urait.ru/bcode/457106> (дата обращения: 09.01.2020).

3. Шишмарёв, В. Ю. Технические измерения и приборы : учебник для СПО / В. Ю. Шишмарёв. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 377 с. – ISBN 978-5-534-11997-8. – URL: <https://urait.ru/bcode/456760> (дата обращения: 09.01.2020).

3. Степанова, Е. А. Метрология и измерительная техника: основы обработки результатов измерений : учебное пособие для спо / Е.А. Степанова, Н.А. Скулкина, А.С. Волегов. – Москва : Юрайт, 2020. – 95 с. – ISBN 978-5-534-10715-9. – URL: <https://urait.ru/bcode/456820> (дата обращения: 09.01.2020).

4. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник и практикум для спо. – 13-е изд., пер. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 362 с. – ISBN 978-5-534-08670-6. – URL: <https://urait.ru/bcode/451286> (дата обращения: 09.01.2020).

Приложение А

Данные для построения гистограмм

Вариант 1

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

Вариант 2

2,05	0,45	2,00	0,81	0,58	1,99	0,58	0,76	1,69
0,69	0,57	0,26	1,36	0,56	2,35	0,74	2,70	1,74
0,58	1,51	0,92	0,90	1,17	1,08	0,58	0,55	0,10
2,00	0,12	0,76	0,76	0,82	0,50	0,14	0,33	2,00
0,50	0,80	2,70	0,32	0,40	0,32	0,65	0,61	1,47
2,01	0,73	0,55	0,57	0,20	0,69	2,59	1,03	1,92
1,15	0,80	0,33	0,31	0,40	0,70	1,78	0,90	2,62
0,11	1,00	0,61	2,69	1,06	1,27	0,47	0,67	1,91
0,69	0,95	1,03	1,03	1,22	1,33	0,58	0,41	0,25
0,54	1,49	0,90	0,93	1,10	0,91	1,45	1,58	0,69

Вариант 3

11,598	12,010	11,258	11,569	11,929	11,367	11,337	11,463
11,268	11,002	11,714	12,691	11,010	11,607	11,196	11,862
12,000	11,697	12,587	11,570	11,923	12,990	11,963	12,152
12,001	12,058	11,355	11,569	11,964	11,360	11,321	11,924
12,056	12,058	11,352	11,469	12,578	12,333	11,147	11,712
11,651	12,064	12,605	12,967	12,225	11,070	12,584	12,001
11,264	11,009	12,008	11,258	12,654	11,000	11,159	11,739
12,123	11,541	12,521	12,351	12,587	11,540	11,357	11,846
11,002	11,324	11,584	11,246	11,365	12,984	12,951	11,456
12,092	12,365	11,687	11,258	12,780	11,254	12,753	12031

Вариант 4

69,977	69,967	70,055	70,045	70,038	70,000	69,949	70,003
69,965	69,990	70,000	69,962	70,026	70,038	69,941	70,014
69,975	70,034	69,964	70,001	70,010	70,026	69,981	70,026
69,951	69,962	70,063	70,015	70,051	70,010	69,039	69,967
69,915	70,003	70,004	70,039	69,994	70,051	69,937	69,921
70,001	69,947	69,987	70,005	69,967	69,994	69,987	69,976
69,933	70,033	70,027	69,940	69,980	69,967	70,153	69,947
70,027	70,045	69,974	69,964	69,855	69,980	69,966	69,944
70,109	70,042	69,963	70,010	69,892	70,022	69,977	70,029

Вариант 5

20,005	20,051	20,009	20,045	20,041	20,050	20,009	20,051
20,055	20,048	20,048	20,015	20,033	20,008	20,002	20,001
20,049	20,028	20,036	20,011	20,001	20,005	20,022	20,018
20,001	20,002	20,022	20,019	20,029	20,037	20,049	20,045
20,021	20,005	20,053	20,006	20,053	20,044	20,007	20,010
20,054	20,005	20,002	20,040	20,035	20,006	20,045	20,017
20,035	20,034	20,052	20,015	20,011	20,045	20,006	20,051
20,055	20,053	20,007	20,036	20,007	20,002	20,038	20,001
20,001	20,000	20,037	20,054	20,009	20,039	20,055	20,034

Вариант 6

619,977	700,040	619,990	700,000	700,005	700,010	700,153	700,014
619,965	700,048	619,967	700,055	700,039	700,026	619,987	700,026
619,975	700,042	619,963	700,045	700,015	700,038	619,937	700,013
619,951	700,045	619,974	700,035	700,001	700,000	700,039	619,967
619,915	700,033	700,027	619,856	619,963	700,015	619,981	169,921
700,001	619,947	619,987	619,892	619,980	700,009	619,941	700,072
619,993	700,003	700,004	700,010	619,967	700,022	619,949	700,050
700,027	619,962	700,063	619,969	619,994	619,977	700,000	619,944
700,109	700,034	619,964	619,940	700,051	619,966	700,003	700,009

Вариант 7

10,06	10,09	10,05	9,95	10,08	10,00	9,98	9,96
9,86	10,00	9,97	9,85	9,81	9,80	9,97	9,93
9,93	10,08	9,81	9,84	9,85	9,87	9,89	10,06
9,98	9,98	10,07	9,92	9,83	9,85	9,92	9,82
9,94	9,85	10,02	9,94	10,03	9,92	9,98	9,85
9,96	9,90	9,95	70,05	9,96	10,07	9,88	10,01
9,94	9,93	9,82	10,07	9,91	9,84	9,81	9,81
10,02	9,91	9,86	9,96	9,93	9,83	10,00	9,91
10,01	9,97	10,03	9,81	9,90	10,03	10,05	9,86

Вариант 8

114,977	115,000	115,039	115,01	115,153	115,014	115,086	114,985
114,965	115,055	115,015	115,026	114,987	115,026	114,985	115,013
114,963	115,045	115,010	115,038	114,937	115,013	114,900	115,022
114,974	114,855	115,001	115,000	115,039	114,967	114,931	114,944
115,027	114,892	114,962	115,015	114,981	114,921	114,938	114,946
114,987	115,010	114,980	115,009	114,941	115,072	114,935	114,947
115,004	114,969	114,967	115,022	114,949	115,050	114,976	114,981
115,063	114,941	114,994	114,977	115,000	114,944	115,005	114,936
114,964	115,005	115,051	114,966	115,003	115,009	114,972	114,860

Вариант 9

2,510	2,517	2,522	2,533	2,510	2,532	2,522	2,502
2,527	2,536	2,542	2,524	2,542	2,514	2,533	2,510
2,529	2,523	2,514	2,519	2,519	2,524	2,513	2,518
2,520	2,514	2,521	2,514	2,533	2,502	2,530	2,522
2,535	2,523	2,510	2,542	2,524	2,522	2,535	2,522
2,533	2,510	2,532	2,522	2,502	2,515	2,520	2,519
2,525	2,515	2,526	2,530	2,532	2,528	2,531	2,521
2,531	2,545	2,526	2,532	2,522	2,520	2,522	2,526
2,518	2,527	2,502	2,530	2,522	2,531	2,527	2,511

Вариант 10

5,300	5,226	5,222	5,324	5,107	5,020	5,176	5,334
5,242	5,262	5,424	5,144	5,279	5,108	5,363	5,249
5,324	5,221	5,141	5,242	5,290	5,182	5,234	5,194
5,308	5,215	5,210	5,022	5,205	5,222	5,143	5,142
5,280	5,250	5,102	5,225	5,353	5,229	5,230	5,422
5,424	5,402	5,326	5,158	5,335	5,191	5,105	5,220
5,241	5,229	5,266	5,280	5,251	5,216	5,155	5,302
5,118	5,199	5,262	5,201	5,318	5,261	5,457	5,320
5,280	5,199	5,266	5,313	5,180	5,115	5,277	5,303

Вариант 11

213,050	213,059	213,076	213,061	213,075	213,055	213,052	213,071
213,060	213,063	213,053	213,069	213,053	213,064	213,067	213,078
213,062	213,053	213,050	213,054	213,076	213,057	213,069	213,068
213,055	213,068	213,070	213,051	213,064	213,072	213,072	213,064
213,051	213,062	213,075	213,064	213,060	213,057	213,062	213,052
213,050	213,057	213,054	213,069	213,052	213,075	213,054	213,062
213,056	213,079	213,051	213,078	213,062	213,072	213,060	213,071
213,069	213,064	213,058	213,055	213,073	213,053	213,063	213,055
213,070	213,053	213,070	213,055	213,073	213,056	213,061	213,051

Вариант 12

19,066	19,005	18,972	18,987	19,153	19,039	19,005	18,990
18,860	18,976	18,985	18,937	18,966	19,015	18,940	18,967
18,936	18,935	19,000	19,039	18,977	19,001	18,969	19,045
18,981	18,931	19,003	18,981	19,022	18,962	19,010	19,055
18,947	18,900	19,014	18,941	18,980	19,009	18,892	19,000
18,946	18,985	19,026	18,949	18,967	19,015	18,855	18,964
18,944	19,086	19,013	18,944	18,994	19,000	18,963	19,063
19,022	19,009	18,967	19,050	19,051	19,038	18,974	19,004
19,013	19,029	18,921	19,072	19,010	19,026	19,027	18,987

Вариант 13

13,050	13,059	13,076	13,061	13,075	13,055	13,052	13,071
13,060	13,063	13,053	13,069	13,053	13,064	13,067	13,078
13,062	13,053	13,050	13,054	13,076	13,057	13,069	13,068
13,055	13,068	13,070	13,051	13,064	13,072	13,072	13,064
13,051	13,062	13,075	13,064	13,060	13,057	13,062	13,052
13,050	13,057	13,054	13,069	13,052	13,075	13,054	13,062
13,056	13,079	13,051	13,078	13,062	13,072	13,060	13,071
13,069	13,064	13,058	13,055	13,073	13,053	13,063	13,055
13,070	13,053	13,070	13,055	13,073	13,056	13,061	13,051

Вариант 14

5,598	6,092	5,324	6,521	5,258	6,225	6,333	5,321
5,268	6,010	6,365	5,584	6,351	6,654	5,070	5,147
6,000	5,002	5,258	5,687	5,246	6,587	5,000	6,584
6,001	5,697	5,714	5,569	5,258	5,365	5,540	5,159
6,056	6,058	6,587	6,691	5,929	6,780	6,984	5,357
5,651	6,058	5,355	5,570	5,010	5,367	5,254	6,951
5,264	6,064	5,352	5,569	5,923	5,607	5,337	6,753
6,123	5,009	6,605	5,469	5,964	6,990	5,196	5,463
5,002	5,541	6,008	6,967	6,578	5,360	5,963	5,862

Вариант 15

189,98	189,963	189,951	189,944	190,050	189,963	189,892	189,949
189,967	189,974	189,915	189,949	190,072	189,974	190,010	189,941
189,994	190,028	190,001	189,941	189,921	190,027	189,969	189,981
190,051	189,987	189,993	189,981	189,967	189,987	189,940	190,039
190,010	190,004	190,027	190,039	190,013	190,004	190,005	189,937
190,026	189,964	190,109	189,937	190,026	190,063	190,039	189,987
190,038	189,977	190,040	189,987	190,014	189,964	190,015	190,153
190,000	189,965	190,022	190,153	190,003	189,860	190,001	189,977
190,015	189,975	189,977	189,966	190,000	189,855	189,962	189,966

Вариант 16

10,044	10,038	10,055	10,045	10,058	10,037	10,041	10,031
10,056	10,030	10,059	10,040	10,054	10,045	10,044	10,041
10,057	10,044	10,032	10,031	10,034	10,049	10,053	10,039
10,031	10,050	10,036	10,056	10,036	10,058	10,032	10,051
10,040	10,034	10,052	10,031	10,036	10,043	10,052	10,059
10,059	10,058	10,045	10,046	10,056	10,042	10,030	10,040
10,046	10,033	10,056	10,030	10,037	10,048	10,058	10,058
10,033	10,046	10,047	10,059	10,056	10,057	10,041	10,048
10,052	10,043	10,037	10,058	10,035	10,041	10,050	10,039

Приложение Б

Данные для построения диаграммы Парето

Таблица Б.1 – Исходные данные (варианты 1-5)

Номер варианта Виды дефектов	1	2	3	4	5
Боковые трещины	140	150	140	170	200
Шелушение краски	3400	2400	1400	1500	3100
Коробление	900	1100	1300	1100	1200
Отклонение от перпендикулярности	320	420	420	520	350
Грязная поверхность	1320	1310	1350	1300	1300
Шероховатость поверхности	1220	1200	1230	1240	1250
Винтообразность	1250	1260	1270	1280	1290
Трещины на поверхности	820	830	840	850	860
Боковой изгиб	420	430	440	450	460
Прочие причины	600	590	580	570	560

Таблица Б.2 – Исходные данные (варианты 6-10)

Номер варианта Виды дефектов	6	7	8	9	10
Повреждения	2500	2510	2520	2530	2550
Дефекты соединений	4320	4300	4200	4100	4000
Сколы	1550	1500	1550	1550	1550
Царапины	560	500	600	700	800
Дефекты токарной обработки	3360	3300	3500	3200	3500
Дефекты материалов	1500	1600	1500	1500	1500
Отсутствующие болты	1440	1600	1440	1350	1440
Незатянутый болт	720	700	750	800	950
Ошибки сборки	420	500	420	420	420
Прочие причины	620	650	620	620	720

Таблица Б.3 – Исходные данные (варианты 11-15)

Номер варианта Виды дефектов	11	12	13	14	15
Деформация	310	320	330	340	450
Царапины	120	130	230	330	430
Раковины	240	250	350	450	650
Трещины	220	450	620	520	230
Винтообразность	235	150	160	170	255
Трещины на поверхности	135	140	150	160	170
Боковой изгиб	99	110	140	102	111
Пятна	28	45	90	40	62
Разрыв	38	40	40	30	42
Прочие	50	60	60	80	67

Таблица Б.4 – Исходные данные (варианты 16-20, Ресторан)

Номер варианта	16	17	18	19	20
Виды жалоб					
Холодная еда	8	9	8	18	7
Грубость персонала	22	12	14	26	16
Медленное обслуживание	32	42	36	16	38
Высокие цены	8	16	17	5	13
Крошки на столе	4	5	12	15	4
Пицца пережарена	6	12	13	13	7
Скатерть несвежая	3	4	5	8	12
Прочие	4	6	7	8	9

Таблица Б.5 – Исходные данные (варианты 21-25, Конференц-зал)

Номер варианта	21	22	23	24	25
Виды жалоб					
Неисправное оборудование	6	7	8	16	7
Подача кофе с опозданием	22	12	14	26	16
Мало продуктов	12	26	30	16	38
Мало напитков	8	16	17	5	13
Слишком холодно	4	5	12	15	9
Грубость персонала	6	12	13	13	7
Прочие	3	4	5	8	10

Приложение В

Данные для построения гистограмм

Вариант 1. Имеются данные о месячной продаже журналов в торговом центре (тыс. руб.):

71 76 79 86 78 76 84 78 74 76 99 87 82
78 84 81 76 75 82 85 80 76 79 76 86 86
86 89 77 80 74 86 87 74 79 84 75 85 81
88 77 74 93 85 83 80 75 93 95 91 88 85
85 83 85 82 86 79 84 88 74 92 95 76

Вариант 2. Имеются данные о расходе денежных средств на канцелярские товары на различных предприятиях:

52 33 10 22 28 34 39 29 21 27 31 12 28
40 46 51 44 32 16 11 29 31 38 44 31 24
9 17 32 41 47 31 42 15 21 29 50 55 37
19 57 32 7 28 23 20 45 18 29 25

Вариант 3. Имеются данные о пропускной способности 50 участков нефтепровода ($\text{м}^3/\text{сут.}$):

19,8 19,1 19,3 18,8 20,2 20,8 20,7 19,7 19,6 19,2 20,9 20,9 20,2
19,6 20,4 20,4 20,2 20,4 18,9 19,7 19,8 20,6 20,7 19,7 20,3 19,8
20,4 20,3 20,6 20,5 20,4 20,5 20,3 20,5 20,2 20,5 20,7 21,0 20,4
20,8 20,5 20,4 20,6 21,0 20,4 20,4 20,3 19,7 19,9 20,1

Вариант 4. Имеются данные о суточной добыче нефти в одном из районов страны (в тоннах):

85 76 80 84 88 89 91 88 84 85 75 82 86
89 88 84 90 89 85 91 87 81 78 85 91 89
87 74 81 87 90 88 86 76 84 88 77 82 83
84 74 80 84 91 93 90 88 87 77 83 89 89
91 92 88 94 90 88 81 83 89 94 96 88 95
99 86 78 81 86 90 92 93 90 83 79 86 90
79 82 87 85 91 97 88 85 87 90 89 95 89
90 98 93 84 88 96 92 88 95

Вариант 5. Имеются энергетические затраты на 1 метр проходки при эксплуатационном бурении нефтяных скважин в различных нефтеносных районах страны (руб.):

14 13 18 15 12 13 14 12 13 16 16 15 12
13 13 14 16 18 13 15 14 15 14 13 15 12
13 12 14 16 12 13 15 15 15 13 14 15 18
15 12 15 13 13 15 15 15 17 17

Вариант 6. Имеются данные о суточном дебите газа в наблюдаемой скважине ($\text{м}^3/\text{сут.}$):

30 19 21 28 27 29 31 24 25 28 28 32 34
26 24 19 23 27 30 29 25 18 18 24 28 31
33 18 21 26 30 32 34 29 26 23 25 27 32
23 20 21 26 22 20 27

Вариант 7. Имеются данные о себестоимости 1 тонны нефти и нефтяного попутного газа (тыс. руб.):

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

Вариант 8. Имеются данные о числе рабочих дней без простоя для пятидесяти буровых бригад одного из районов страны:

261 260 258 263 257 260 259 264 261 260 264 261 265
261 260 263 260 260 259 260 258 265 259 265 261 258
259 259 258 262 264 258 259 263 266 259 261 266 262
259 262 261 266 262 259 262 261 259 262 262 261 266
259 262

Вариант 9. Приведено количество деталей, выработанных за смену различными рабочими:

75 88 74 80 76 82 86 76 93 74 72 82 71
82 87 81 87 79 78 87 82 87 82 74 77 83
86 85 86 76 81 86 76 71 80 85 73 75 88
89 84 85 85 81 82 85 83 76 87 87 76 76
73 78 87 80 78 72 83 91 82 93 76 83 80

Вариант 10. Имеются данные о рабочих дебитах газовой скважины (тыс. $\text{м}^3/\text{сут.}$):

550 550 551 550 551 562 550 562 561 530 542 535 542
539 537 543 540 556 546 556 556 534 548 533 558 560
558 548 540 541 551 549 551 550 552 568 538 551 547
552 559 557 546 552 550 557 547 552 554 547 554 567
558 563 562 569 552 554 549 545 560 539 549 539

Вариант 11. Имеются данные о коэффициенте эксплуатации насосных скважин в различных нефтеносных районах страны:

0,9 0,82 0,83 0,98 0,89 0,9 0,82 0,88 0,8 0,88
0,98 0,94 0,9 0,97 0,94 0,8 0,9 0,86 0,91 0,87
0,98 0,85 0,97 0,85 0,91 0,91 0,89 0,98 0,83 0,84
0,92 0,98 0,82 0,87 0,87 0,88 0,93 0,98 0,9 0,98
0,98 0,92 0,96 0,91 0,96 0,84 0,83 0,86 0,92 0,94
0,93 0,87 0,82 0,83 0,87 0,89 0,9 0,86 0,89 0,93

Вариант 12. 50 сверл были подвергнуты испытанию на твердость. При этом фиксировалась твердость лапки. Результаты испытания следующие:

14,5 14,6 15,1 15,5 16,3 16,8 17,9 16,3 14,5 14,9 13,6 15,4 16,9
15,4 14,3 15,5 11,3 15,5 17,1 16,8 12,2 15,2 15,7 11,6 16,9 15,7
17,7 16,6 16,2 15,5 12,8 14,2 15,5 16,1 14,3 16,5 14,5 17,9 17,8
16,9 11,7 13,2 14,9 19,8 16,6 17,9 14,9 15,2 17,3 16,9

Вариант 13. Даны значения обследуемого признака X – себестоимости единицы продукции (в руб.):

73 77 78 88 76 78 86 77 75 90 88 84 79
87 83 79 73 84 86 85 74 77 74 88 81 87
85 76 79 71 88 83 76 76 82 73 89 79 90
76 75 91 83 82 84 85 78 85 85 79 92 86
84 77 92 93 91 85 84 87 81 83 80 82 76
81 90 78 81 95 77 91 84 96 84 79 79 83
88 84 83 93 73 79 92 89 75 83 87 89 71
75 83 87 92 80 88 91 95 82

Вариант 14. Имеются данные о суточном дебите газа в наблюдаемой скважине:

39 19 21 28 26 27 29 28 28 27 23 26 32
34 26 24 22 19 23 27 30 29 25 18 18,5 20
22 24 28 31 33 25 18 21 26 30 32 34 29
26 21 20 23 25 27 30 32 29 27 23

Вариант 15. Даны замеры толщины резца (в мм):

24,5 26,8 23,6 25,5 22,2 26,9 25,3 24,1 28,5 25,3 24,1 28,5 25,3
24,6 27,9 25,4 21,3 25,2 27,7 23,6 25,2 26,8 25,9 25,1 26,3 25,4
21,3 25,2 25,5 25,7 26,6 28,2 25,4 23,2 26,6 25,7 24,3 26,8 25,8
27,1 26,2 25,9 21,6 25,3 25,1 24,8 26,3 24,9 24,3 26,8

Вариант 16. Имеются данные о расходах, связанных с монтажом и демонтажом оборудования на предприятии (в тыс. руб.):

4,7 7,2 6,2 6,7 7,2 5,7 7,7 8,2 6,2 5,2 7,2 5,7 6,2
5,7 8,2 5,7 6,7 6,2 5,7 6,2 6,7 5,2 7,7 6,2 7,2 7,7
6,7 7,2 8,2 6,2 5,7 6,2 7,7 6,7 7,2 5,7 6,7 8,2 7,7
8,2 4,7 8,7 4,2 8,7 6,2 6,7 6,2 7,2 4,9 5,5

Вариант 17. Даны значения внутреннего диаметра гайки (в мм):

4,25 4,38 4,48 4,53 4,54 4,41 4,52 4,39 4,16 4,27 4,59 4,48 4,56
4,13 4,51 4,31 4,27 4,87 4,32 4,49 4,74 4,17 4,66 4,92 4,48 4,68
4,45 4,12 4,69 4,28 4,74 4,55 4,28 4,54 4,51 4,77 4,71 4,78 4,13
4,51 4,42 4,36 4,45 4,32 4,17 4,79 4,13 4,52 4,73 4,95

Вариант 18. Даны значения обследуемого признака X – себестоимости одной детали (в руб.):

82 83 73 76 79 89 95 92 93 84 88 76 88
81 78 86 84 84 86 85 87 84 74 83 87 73
76 73 78 76 76 74 88 82 73 85 79 77 79
97 84 80 75 81 73 78 83 75 90 83 77 84
85 90 92 91 85 71 85 87 82 94 92 76 93
90 73 92 84 93 88 84 81 93 81 91 78 85
84 95 79 79 83 96 89 82 79 77 83 88 81
88 82 77 92 76 84 83 87 89

Вариант 19. Даны значения диаметров шестерен, обрабатываемых на станке:

21 29 27 29 27 29 31 29 31 29 29 23 39
31 29 31 29 31 29 31 33 31 31 31 27 23
27 33 29 25 29 19 29 31 23 31 29 27 33
29 31 29 31 23 35 27 29 29 27 29 29 21
29 27 29 29 29 33 29 25 25 27 31 29 29
27 33 29 31 29 29 29 35 27 29 35 29 33
29 27 31 31 27 29 35 27 33 29 27 29 25
27 31 37 25 31 27 27 29 25

Вариант 20. Даны значения израсходованных долот на 100 скважинах при механической скорости проходки 18 м/сек:

28 30 28 27 28 29 29 29 31 28 26 25 33
35 27 31 31 30 28 33 23 30 31 33 31 27
30 28 30 29 30 26 25 31 33 26 27 33 29
30 30 36 26 25 28 30 29 27 32 29 31 30
31 26 25 29 31 33 27 32 30 31 34 28 26
38 29 31 29 27 31 30 28 34 30 26 30 32
30 29 30 28 32 30 29 34 32 35 29 27 28
30 30 29 32 29 34 30 32 24

Вариант 21. Даны значения ширины пера круглой плашки (в мм):

3,69 3,56 3,52 3,68 3,49 3,58 3,59 3,54 3,35 3,69 3,87 3,67 3,79
3,75 3,43 3,50 3,57 3,53 3,49 3,68 3,36 3,63 3,51 3,99 3,90 3,53
3,50 3,55 3,40 3,73 3,72 3,53 3,42 3,72 3,68 3,46 3,46 3,36 3,37
3,53 3,48 3,70 3,48 3,68 3,46 3,61 3,57 3,47 3,74 3,47

Вариант 22. Имеются данные об энергетических затратах на 1 м проходки при разведочном бурении нефтяных скважин в различных нефтяных районах страны (в тыс. руб.):

348 29 6 18 24 30 35 25 17 24 36 42 47
40 28 12 7 25 23 33 28 19 14 8 40 27
20 27 15 6 16 25 34 17 25 46 6 51 13
28 37 43 27 38 53 24 41 21 11 26

Вариант 23. Имеются данные о пластовом давлении (в атм.) при насосном способе эксплуатации 100 скважин:

95 57 15 26 35 46 52 55 59 47 42 48 58
55 102 96 45 54 56 60 10 16 20 49 48 43
12 19 51 103 62 61 38 29 10 39 40 18 14
41 58 63 59 60 63 68 70 71 75 82 87 92
99 65 68 78 91 94 77 65 79 67 74 80 89
69 81 83 100 90 36 64 97 50 76 72 31 55
28 57 85 69 13 53 11 61 90 76 17 37

Вариант 24. Имеются данные о продолжительности (в мес.) 50 фонтанирующих скважин:

19,2 18,1 18,4 18,2 18,6 18,9 19,0 18,4 18,5 19,3 18,3 18,7 18,8
19,1 18,9 19,3 18,4 19,2 18,2 18,7 19,5 18,7 19,1 18,7 19,1 19,6
18,6 18,8 19,3 18,8 19,0 19,5 18,9 19,0 19,8 19,7 19,4 19,3 19,1
19,8 18,9 19,7 18,5 19,0 19,9 19,2 19,1 18,6 19,5 19,6

Вариант 25. Имеются данные замеров температуры масла двигателя автомобиля ГАЗ:

19 29 21 39 25 26 32 25 28 26 36 30 31
29 35 23 32 27 27 26 26 30 27 25 28 28
36 29 35 26 32 29 38 28 25 29 34 28 29
32 34 28 28 29 33 27 34 25 28 26 30 38
39 32 29 29 34 35 32 27 26 25 26 35 36
30 28 33 26 28 26 28 27 33 33 29 32 25
38 26 36 23 24 27 26 30 34 25 24 33