

ЛЕКЦИЯ

д.э.н., профессор
Катанаева Марина Андреевна

- ❑ Статистические методы играют определяющую роль в проведение деятельности по улучшению качества и позволяют организациям принимать решения на основе анализа ситуаций, данных и фактов.
- ❑ А любые решения будут наиболее эффективными, если они основываются на анализе данных и информации, собранных с помощью специальных методов.
- ❑ Статистические методы это и есть те самые специальные методы, которые играют определяющую роль в проведение деятельности по улучшению качества и позволяющие организациям принимать решения на основе анализа ситуаций и данных .

□ Статистические методы (СМ) начали использовать в промышленности в 20-е годы прошлого столетия.

□ На дальнейшее развитие СМ решающее значение оказали работы В. Шухарта «Экономика качества производственной продукции» о статистических методах контроля качества при серийном производстве и Р. Фишера «Планирование экспериментов».

□ В годы Второй мировой войны статистические методы получили широкое распространение на предприятиях Великобритании и США, в том числе благодаря военным стандартам основанным на работах К. Пирсона. Именно этим, по большей мере, объясняется тот факт, что системы производства данных стран в военное время удовлетворяли высоким требованиям экономичности и качества.

- Кроме того ведущие позиции, которые смогла завоевать японская промышленность на мировом рынке в послевоенный период, главным образом, объясняются всеобщим использованием в производстве статистических методов.
- В настоящее время методы статистики – очень важная часть системы качества современной организации.
- Статистические методы широко применяются в таких странах как: Италия, Голландия, США, Япония, Великобритания, Германия, Франция, Дания и др.

□ У нас в стране СМ начали получать распространение в 40-50-е гг. Но, несмотря на всемирную известность представителей русской школы математической статистики А.И. Колмогорова, Н.В. Смирнова, А. Я. Хинчина, Я.Б. Шора в эти годы наша страна значительно отстаёт в массовом применении СМ от промышленно развитых стран.

□ Причинами данной ситуации являются:

- низкая технологическая дисциплина;
- сложность методических пособий по статистическим методам;
- несогласованность конструкторских норм с технологическими и метрологическими возможностями;
- пренебрежение нормами технологической и конструкторской документации;
- нехватка квалифицированных специалистов и др.

□ Основной причиной являлась причина организационного характера - **внедрением СМ занимались** не все подразделения, а лишь контрольная служба предприятия - **отдел технического контроля**.

- В соответствии со стандартами ИСО серии 9000 в настоящее время СМ рассматриваются как высоко эффективные инструменты обеспечения качества.
- Стандарты ориентируют на применение СМ на всех этапах жизненного цикла продукции. А это значит, что внедрение статистических методов должно быть направлено на создание гарантий непрерывности процесса обеспечения качества, в соответствии с требованиями заказчика.
- Изменился и характер работы, от локального и случайного - к общему, системному. Появилось также понимание, что СМ являются основой для информационной технологии обеспечения качества. Они востребованы во всех отраслях промышленности. Но, несмотря на всё это, Россия по-прежнему отстаёт от предприятий Европейского союза, США и Японии, в области применения статистических методов.

На отечественных предприятиях, в основном, используется статистический выборочный контроль (85 %),

10 % - статистическое управление процессами

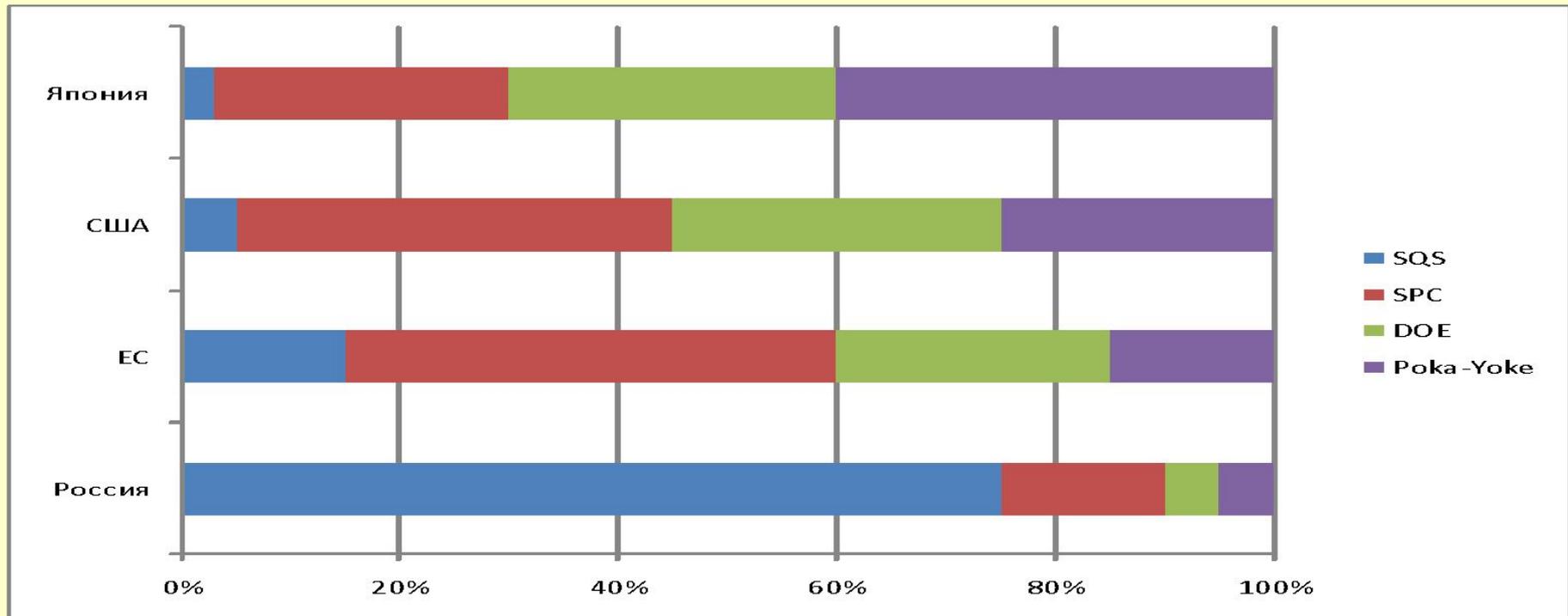
и 5 % - планирование эксперимента и метод «защита от ошибок».

На предприятиях Японии наоборот – 50 % - «защита от ошибок»,

30 % - планирование эксперимента,

15 % - статистическое управление процессами

и всего 5% - статистический выборочный контроль



Что бы принять решение о том, какие СМ необходимо использовать надо:

- ❖ **во-первых**, знать, что важность статистического метода равна его математическому потенциалу, умноженному на вероятность его применения;
- ❖ **во-вторых**, помнить, что при широком использовании СМ, следует применять только те методы, которые понятны и которые легко могут применить даже сотрудники далёкие от статистики;
- ❖ **в третьих**, необходимо учесть, что СМ должны соответствовать характеру процесса, наличию средств измерений и обработки статистической информации;
- ❖ **в четвёртых**, для решения поставленной задачи из множества различных СМУК необходимо выбрать такой (такие), с помощью, которого (которых) возможно обеспечить достижение наилучшего результата при минимальных затратах.

По степени трудности статистические методы управления качеством условно разделены на три основные группы: **элементарные (простые), специальные и статистические методы высшего уровня сложности.**

По виду данных : **числовые и нечисловые.**

По признаку общности - **на графические методы, методы анализа статистических совокупностей и экономико-математические методы.**

Примеры статистических методов в соответствии с признаками их классификации приведены в таблице.

Признаки классификации статистических методов

Степень трудности			Вид данных			Признак общности		
Элементарные методы		Специальные методы	Методы высшего уровня сложности	Числовые методы	Нечисловые методы	Графические методы	Методы анализа статистических совокупностей	Экономико-математические методы
7 основных методов	7 новых методов							
Контрольный листок	Диаграммы сродства, зависимости, древовидная, матричная, стрелочная, диаграмма Парето Анализ матричных данных	Статистический выборочный контроль. Теория выборочных исследований. Экспертные оценки. Методы прогнозирования	Передовые методы расчётов экспериментов. Многофакторный анализ. Различные методы исследования операций	Контрольный листок. Графики Гистограммы. Диаграмма разброса. Диаграмма Парето. Контрольные карты. FMEA-анализ.	План действий. Диаграмма сродства. Метод мозгового штурма. Структурная схема. Диаграмма Исикава. Древовидная диаграмма Матричная диаграмма Карта технологического процесса.	Гистограмма Диаграмма Парето. Диаграмма Исикава. Диаграммы разброса. Контрольная карта. стратификация	Сравнения средних. Сравнения дисперсий. Регрессивный вид анализа. Дисперсионный анализ. Корреляционный анализ. Факторный анализ. Кластерный анализ. Дискриминантный анализ.	Математическое программирование. Планирование экспериментов. Имитационное моделирование (теория игр; теория массового обслуживания; теория расписаний) Метод QFD Метод Тагути. Функционально-стоимостной анализ

□ Среди простых (элементарных) статистических методов, названных так ввиду их сравнительной несложности, убедительности и доступности, наибольшее распространение получили семь методов, выделенных в начале 50-х годов японскими специалистами под руководством Каоро Исикавы в группу «7 основных методов». В своей совокупности эти методы образуют эффективную систему методов контроля и анализа качества.

□ К **«7 основным методам»** относят: **контрольный листок, причинно-следственную диаграмму, диаграмму Парето, гистограмму, расслоение данных, диаграмму разброса и контрольную карту.**

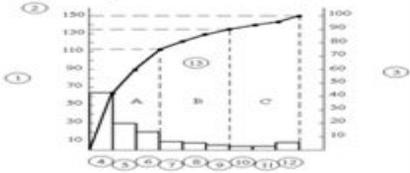
□ Об этих методах профессор Исикава говорил: «Основываясь на опыте своей деятельности, могу сказать, что 95 % всех проблем фирмы могут быть решены с помощью этих семи приёмов».

«7 ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ»

- **«7 основных методов»** могут применяться в любой последовательности, в любом сочетании, в различных аналитических ситуациях.
- Их можно рассматривать и как целостную систему и как отдельные инструменты анализа.
- Однако наиболее эффективно будет их **применение по схеме**, рекомендованной Европейской организацией по качеству (ЕОQ) и Европейским фондом управления качества (EFQM) (рисунок)

Проверка качества

Диаграмма Паретто



Анализ процесса и выявление основных проблем

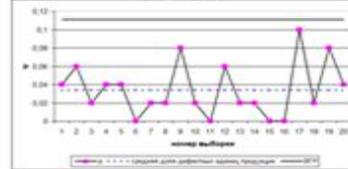
Выявление проблемы

Контрольный листок



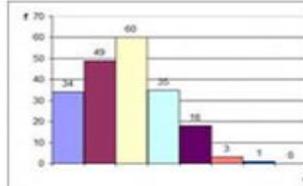
Улучшение процесса сбора и упорядочения данных

Контрольная карта



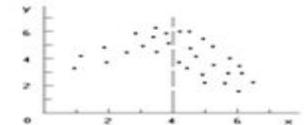
Оценка характера отклонений процесса от нормы

Гистограмма



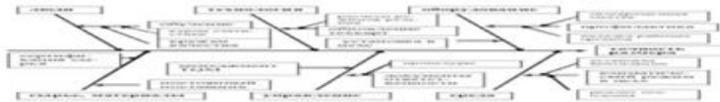
Отображение частоты повторения различных значений

Диаграмма рассеяния



Выявления наличия связи между причиной и следствием

Причинно-следственная диаграмма



Выявление наиболее важных причин проблемы

Поиск решения
Применение решений

«7 ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ»

Следуя данной схеме:

- 1) С помощью **контрольных карт** оценивается характер отклонений параметров процесса от нормы.
- 2) Затем с помощью **гистограмм** оценивается степень нестабильности процесса.
- 3) Выбор наиболее важных факторов, от которых зависит решение, проводят **с помощью расслоения и ABC-анализа диаграмм Парето**.
- 4) Для оценки факторов явившихся причиной возникновения проблем организуют **«мозговой штурм»** всех имеющихся отношений к проблеме и проводят анализ **причинно-следственной диаграммы**, на которую заносят все предполагаемые факторы.
- 5) Далее проводят **расслоение** по зависимости между видами брака и влияющими факторами и с помощью **диаграммы разброса** исследуют различную корреляцию.

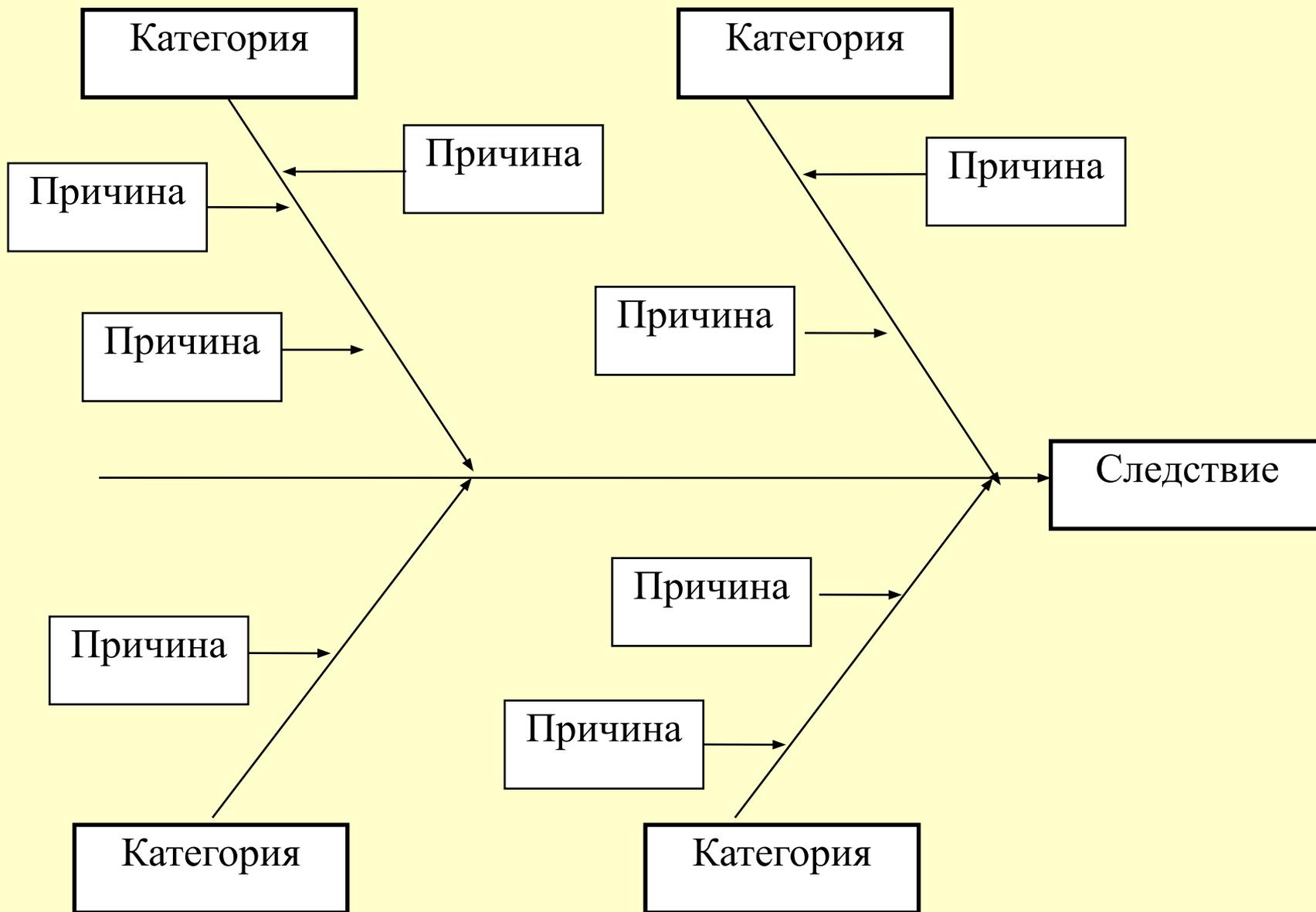
«7 ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ»

- 6) Оценку различных факторов, являющихся причиной появления брака, проводят с помощью **АВС-анализа диаграмм Парето**.
- 7) Если после систематизации и анализа причинных факторов планируются **корректирующие мероприятия**, и их проводят успешно, методы производства изменяют в сторону совершенствования вплоть до созданий новых стандартов на методы операций.
- 8) Последней стадией такого заключается в проверке результата – ее проводят с помощью **гистограмм и контрольных карт** для оценки стабильности процесса, после проведения корректирующих действий.
- 9) Степень улучшения состояния процесса определяют сравнением диаграмм **Парето** до и после корректирующих действий.

«7 основных методов».

Причинно-следственная диаграмма

Причинно-следственная диаграмма часто называется: диаграммой Каоро Исикавы (по имени ее автора), диаграммой “причина - следствие”, диаграммой “причин и результатов”, “рыбья кость”, “рыбий скелет”, “диаграммой речных притоков”. Она изображает **зависимость между следствием и его потенциальными причинами**. Причинно-следственные диаграммы строятся для того, чтобы рассортировать и определить взаимодействие между факторами, влияющими на процесс. Она позволяет выявить и систематизировать различные факторы и условия (например, исходные материалы, условия работы, оборудование, персонал), оказывающие влияние на рассматриваемую проблему (на показатели качества, такие как успеваемость и т.д.)



«7 основных методов».
Причинно-следственная диаграмма

Все возможные причины классифицируются по принципу
«5М»:

- ❖ **Man (Человек)** - причины, связанные с человеческим фактором;
- ❖ **Machines (Машины, оборудование)** - причины, связанные с оборудованием;
- ❖ **Materials (Материалы)** - причины, связанные с материалами;
- ❖ **Methods (Методы)** - причины, связанные с технологией работы, с организацией процессов;
- ❖ **Measurements (Измерения)** - причины, связанные с методами измерения.

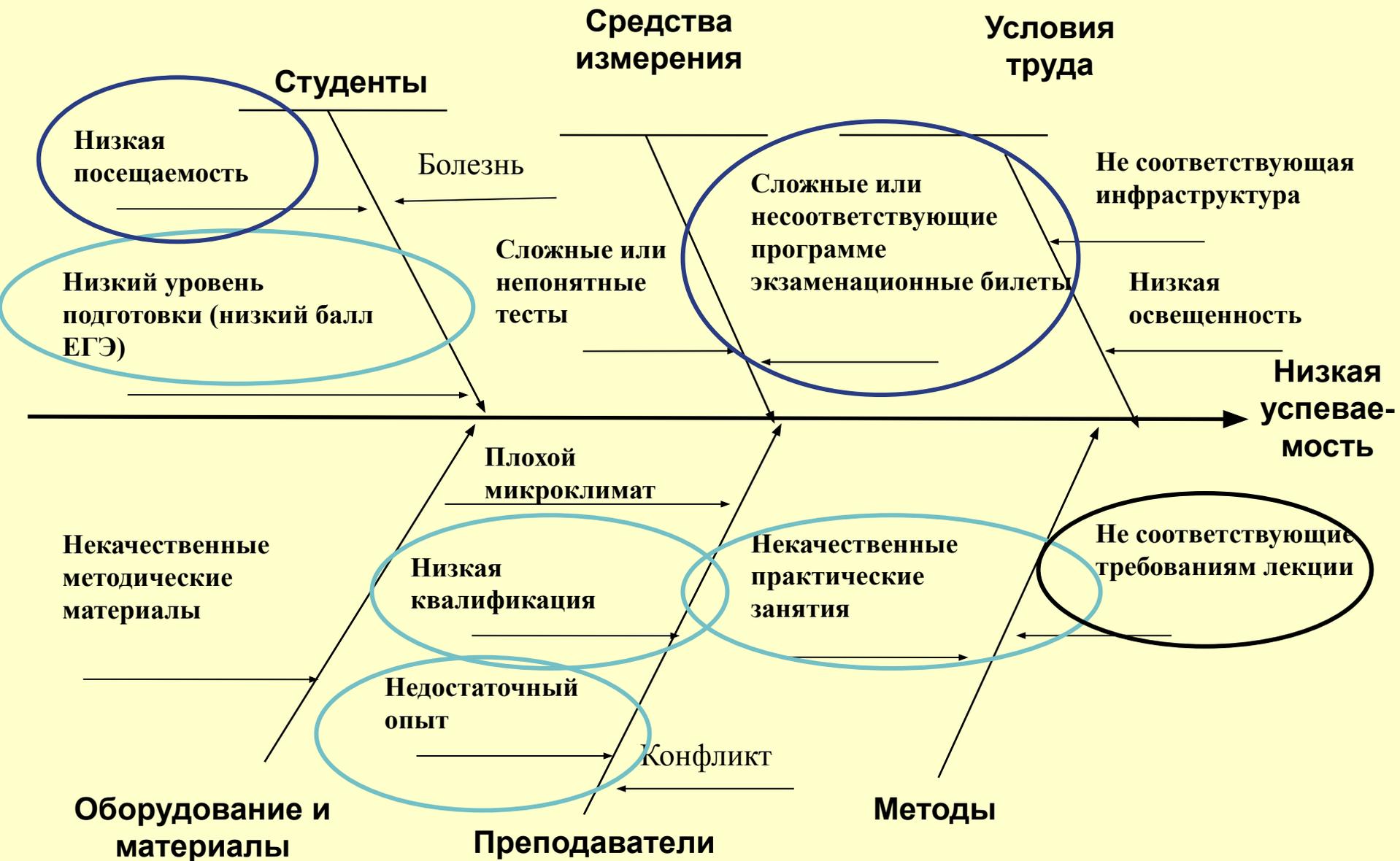


Диаграмма Исикава для определения проблем с низкой успеваемостью у студентов



Диаграмма Исикава для определения проблем с дефектами
продукции

«7 основных методов».

Контрольный листок

Контрольный листок – это бланк, на котором заранее напечатаны контролируемые параметры, с тем, чтобы можно было легко и точно записать данные измерений. Его главное назначение:

1. Облегчить процесс сбора данных.

2. Автоматически упорядочить данные для облегчения их дальнейшего использования.

Заполнение контрольных листков является вспомогательным методом для использования контрольных карт, гистограмм и т.п. Формы листка могут быть самыми разнообразными и зависят от поставленной задачи. В контрольный листок заносят необходимые и достаточные данные для решения этой задачи. Такой листок позволяет осуществить сбор данных за большой период времени. Сбор данных с помощью контрольных листков не требует больших затрат труда и времени - это лишь регистрация результатов контроля, который постоянно или периодически проводится исполнителем или контролером. Рассмотрим примеры некоторых типов контрольных листков.

Контрольный листок для регистрации распределения измеряемого параметра

Ср. балл	Результаты																Частота		
3,0																			
3,1																			
3,2																			
3,3																			
3,4																			
3,5	X																		1
3,6	X																		1
3,7	X	X																	2
3,8	X	X	X	X															4
3,9	X	X	X	X	X	X													9
4,0	X	X	X	X	X	X	X	X											8
4,1	X	X	X	X	X	X	X	X	X										9
4,2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								11
4,3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						13
4,4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					14
4,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								11
4,6	X	X	X	X	X	X	X	X	X										9
4,7	X	X	X	X	X	X													6
4,8	X	X	X	X	X														5
4,9	X	X	X	X															4
5,0	X	X	X																3
ИТОГО																		120	

Контрольный листок для регистрации видов дефектов (причин пропусков занятий студентами)

Контрольный листок		
Наименование факультета _____	Дата _____	
Семестр: _____	Группа _____	
Причина: _____	Примечания: _____	
Общее число проконтролированных студентов: _____		
Причина пропуска	Результат контроля	Итоги по видам пропусков
Больничный листок	/// // // //	17
Прогулы	/// // /	11
Опоздания	/// // // // // /	26
Срывы занятий	///	3
Другие	///	5
	Итого	62
Общее число пропусков	/// // // // // // // // // //	42

Контрольный листок причин дефектов (пропуски занятий студентами)

		Сентябрь.		Октябрь.		Ноябрь.		Декабрь.		Февраль		Март		
Дисциплина	Преподаватель	1 неделя	2 неделя	1 неделя	2 неделя	1 неделя	2 неделя	1 неделя	2 неделя	1 неделя	2 неделя	1 неделя	2 неделя	
	А	..	.	...	.	...	....	....	.	....	..	.
		x	x		xx	xxx	xxx	x	xx					xx
		*				*	**							*
	В	.	...	.....	...	.....	.....	.....	.	...	..	.....	..	....
		xx	xxx	xx	xx	xx	x	xx	x	xx			x	xx
		*	*			*	*		**	*				*

«7 основных методов». Гистограмма.

Гистограмма показывает рассеяние или разброс и распределение количественных данных. Она полезна для получения визуальной информации о процессе и помогает принять решение, на чем сосредоточить усилия по улучшению.

Построение гистограммы

Прежде чем построить гистограмму необходимо имеющиеся данные представить в виде таблицы частот.

№ вы-борки	Результаты измерений										Максимум	Минимум
1 - 10	377	376	374	378	377	376	379	375	374	377	379	374
11 - 20	377	378	381	376	372	380	377	375	381	372	387	372
21 - 30	372	375	376	377	375	376	377	372	375	376	377	372
31 - 40	375	383	380	377	378	381	376	377	378	375	383	375
41 - 50	375	374	376	379	376	374	378	377	379	380	380	374
											383	372
												25

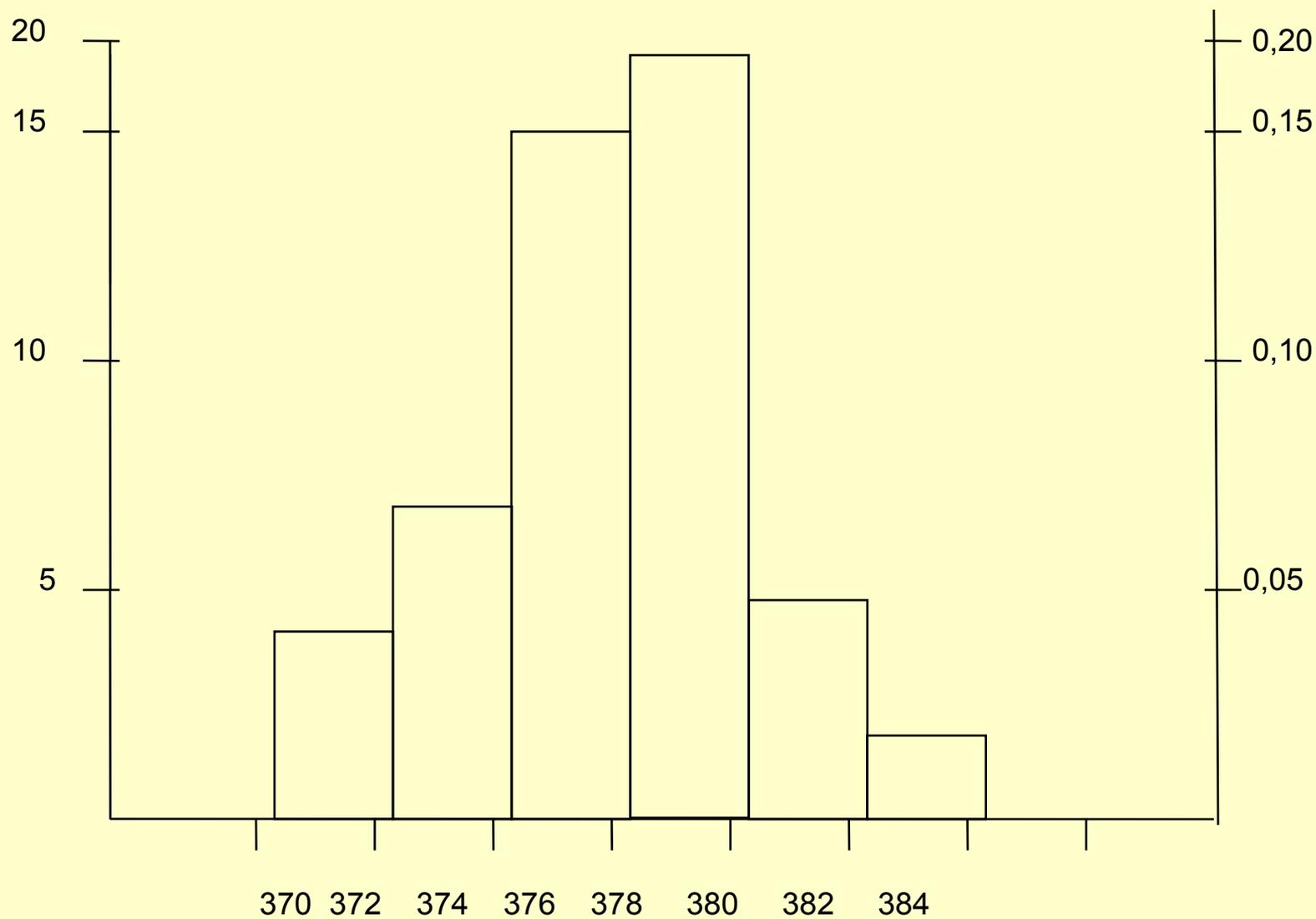
Далее нужно определить размах $R = (\text{наибольшее значение}) - (\text{наименьшее значение})$.

Затем определяют число интервалов. Оно должно примерно соответствовать корню квадратному из числа данных. При числе данных 30 - 50 число интервалов должно быть равно 5 - 7, при числе данных 50 -100 – это 6-7, при числе данных 100-200 - будет 8-15. Далее определяют ширину участка. Для этого разность между наибольшим и наименьшим значениями делят на число участков и полученное число округляют. Например, для нашего примера число интервалов будет равно 6 и ширина участка будет соответственно равна:
 $(383 - 372) : 6 \approx 2$.

Затем заполняется таблица частот. Для этого определяются границы интервалов так, чтобы они включали наименьшее и наибольшее значения.

№ п/п	Класс	Средина класса, X	Подсчет частот	Частота, f
1	371,5-373,5	371	///	4
2	373,5-375,5	373	/// //	7
3	375,5-377,5	375	/// /// ///	15
4	377,5-379,5	377	/// /// /// //	17
5	379,5- 381,5	379	///	5
6	381,5-383,5	381	//	2
Всего:				50

Далее строим гистограмму.



«7 основных методов». Гистограмма.

Различают следующие типы гистограмм :

а) Обычный тип. Гистограмма с двухсторонней симметрией. Гистограмма с таким распределением указывает на стабильность процесса.

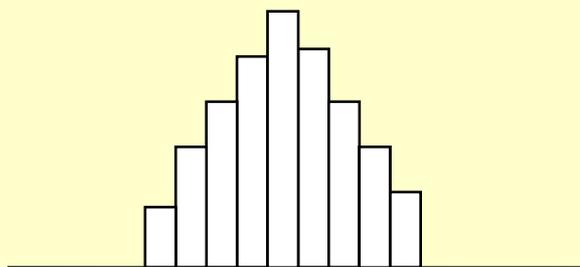
б) Гистограмма, вытянутая вправо. Такую форму, с плавно вытянутым основанием, гистограмма принимает, когда невозможно получить значения ниже определенного, например, для процента содержания микропримесей, возраста работников предприятия.

в) Гистограмма, вытянутая влево. Такую форму, с плавно вытянутым основанием, гистограмма принимает, когда невозможно получить значения выше определенного

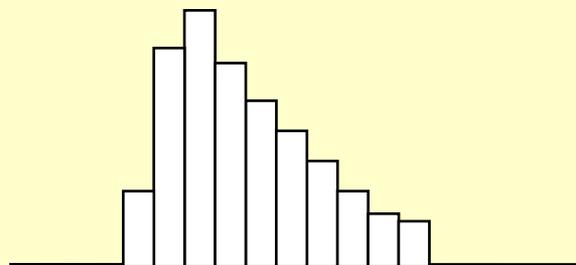
г) Двугорбая гистограмма. Такая гистограмма содержит два возвышения, которые чаще всего имеют разную высоту с провалом между ними, и отражает случай объединения двух распределений с разными средними значениями, например, в случае работы двух бригад, двух станков, двух видов материалов и т.д.

д) Гистограмма в форме обрыва, у которой как бы обрезан один край (или оба). Такая гистограмма получается, когда, например, отобраны и исключены из партии все изделия с параметрами ниже или выше контрольного норматива, или то и другое. В этом случае можно провести расслоение по двум факторам.

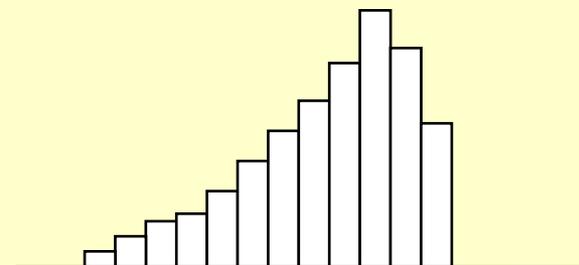
Типы гистограмм



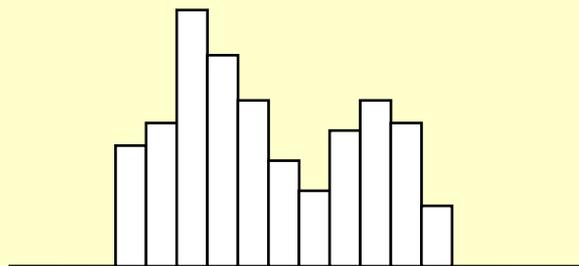
а) обычный тип



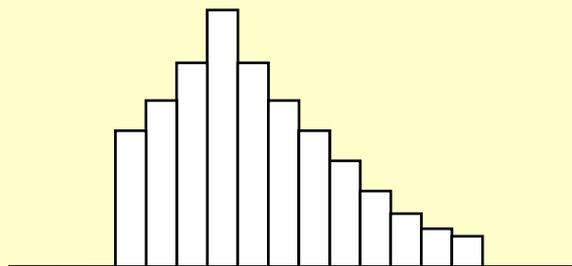
б) гистограмма, вытянутая вправо



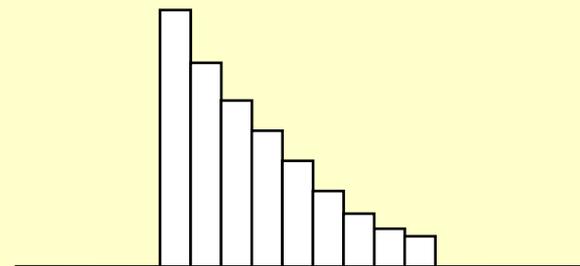
в) гистограмма, вытянутая влево



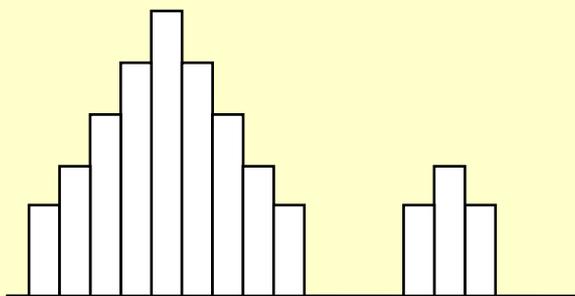
г) двугорбая гистограмма



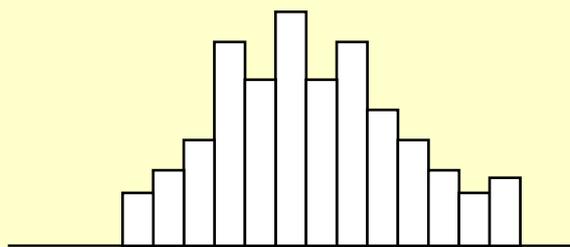
д) гистограмма в виде обрыва



е) гистограмма с аномально высоким краем



ж) гистограмма с отдельным островком



з) гистограмма с прогалом ("ребенка")



и) гистограмма в виде плато

«7 основных методов». Гистограмма.

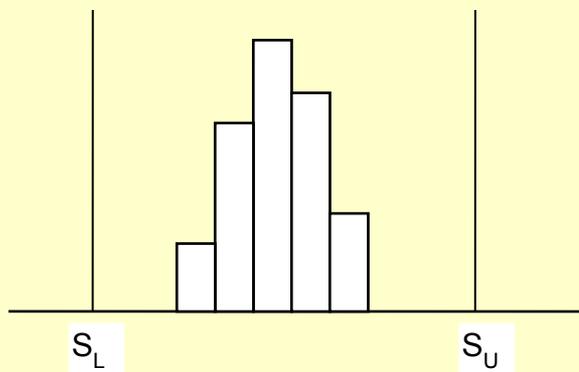
Различают следующие типы гистограмм :

- е) Гистограмма с аномально высоким краем (в форме обрыва). Такая гистограмма отражает случай, когда, например, требуется исправление параметра, имеющего отклонение от нормы или при искажении информации о данных
- ж) Гистограмма с отдельным островком. Такой гистограммой выражается случай, когда имеются ошибки в измерениях, когда наблюдаются отклонения от нормы в ходе процесса.
- з) Гистограмма с прогалами («гребенка»). Такая гистограмма получается, когда ширина интервала участка не кратна единице измерения (не выражается целым числом в выбранной единице измерения), когда оператор ошибается при считывании показаний шкалы.
- и) Гистограмма в форме плато. Такая гистограмма получается в том случае, когда объединяются несколько распределений, в которых средние значения имеют небольшую разницу. Также как и для случая г), здесь необходимо провести расслоение.

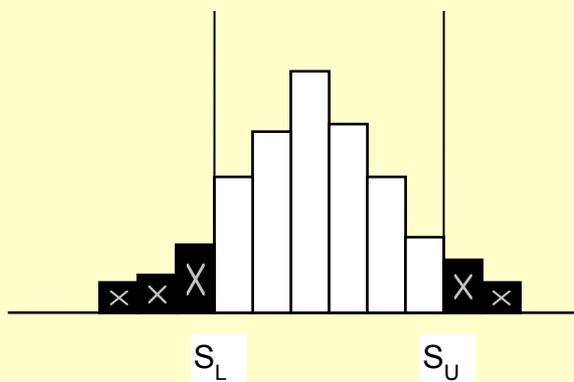
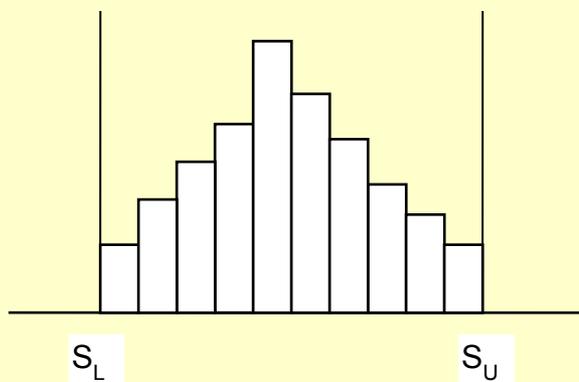
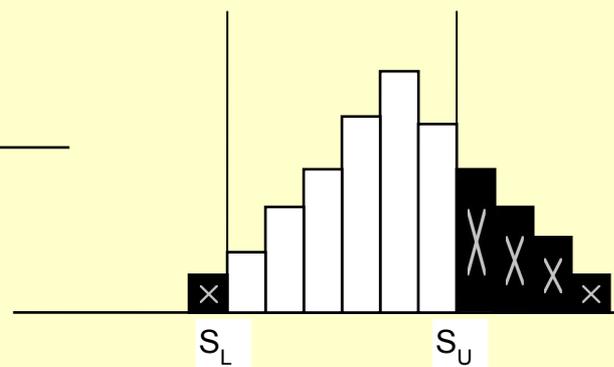
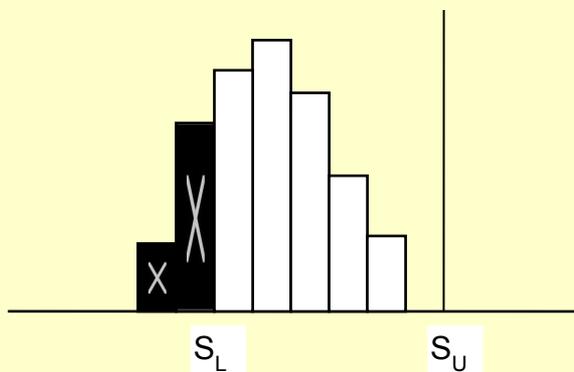
Сравнение гистограмм с границами допуска

Если имеется допуск, то можно нанести на гистограмму линии его границ, чтобы сравнить распределение с этими границами.

гистограмма
удовлетворяет допуску



гистограмма не
удовлетворяет допуску



«7 основных методов». Диаграмма Парето.

Парето получил формулу, показывающую, что блага распределяются неравномерно: в большинстве случаев наибольшая доля доходов или благ принадлежит небольшому количеству людей. Доктор Д.М. Джуран применил эту формулу в сфере контроля для классификации проблем качества и назвал этот метод диаграммой (анализом) Парето. Он указал, что в большинстве случаев подавляющее число дефектов и связанных с ними потерь возникает из-за относительно небольшого числа причин.

Диаграмму Парето иногда называют “80/20”, т.к. в ней находит отражение известный принцип статистики: 80 % качественной продукции связано всего с 20 % всех возможных причин. Диаграмма Парето обеспечивает простой графический метод классификации причин от наиболее до наименее важных.

Диаграмма Парето применяется, когда необходимо:

- идентифицировать наиболее важные причины потерь качества;
- идентифицировать возможности улучшения качества;
- классифицировать возможности улучшения качества и установить цели.

С помощью диаграммы Парето можно анализировать проблемы, относящиеся практически к любой сфере деятельности предприятия.

Построение диаграммы Парето

Разрабатываем и заполняем контрольный листок для регистрации данных с перечнем видов собираемой информации.

Причины пропусков занятий студентами	Группы данных	Итого
Прогулы	//// //	10
Опоздания	//// // // // //	42
Ошибки диспетчера	//// //	6
Больничный	//// // // // ... ////	104
Срывы занятий	////	4
Пропуски по уважительной причине, кроме больничного	//// // // //	20
Прочие	//// // //	14
Итого		200

Разрабатывается бланк таблицы для проверок данных, в котором должны быть предусмотрены графы для итогов по каждому проверяемому признаку в отдельности, накопленной суммы числа дефектов, процентов к общему итогу и накопленных процентов. Данные располагаются в порядке значимости проверяемого признака .

Причины пропусков занятий студентами	Число пропусков	Накопленная сумма пропусков	Процент числа пропусков по каждому признаку в общей сумме	Накопленный процент
Больничный	104	104	52	52
Опоздания	42	146	21	73
Пропуски по уважительной причине, кроме больничного	20	166	10	83
Прогулы	10	176	5	88
Ошибки диспетчера	6	182	3	91
Срывы занятий	4	186	2	93
Прочие	14	200	7	100
Итого	200	-	100	-

Строится диаграмма Парето . Для этого начертим одну горизонтальную и две вертикальные оси.

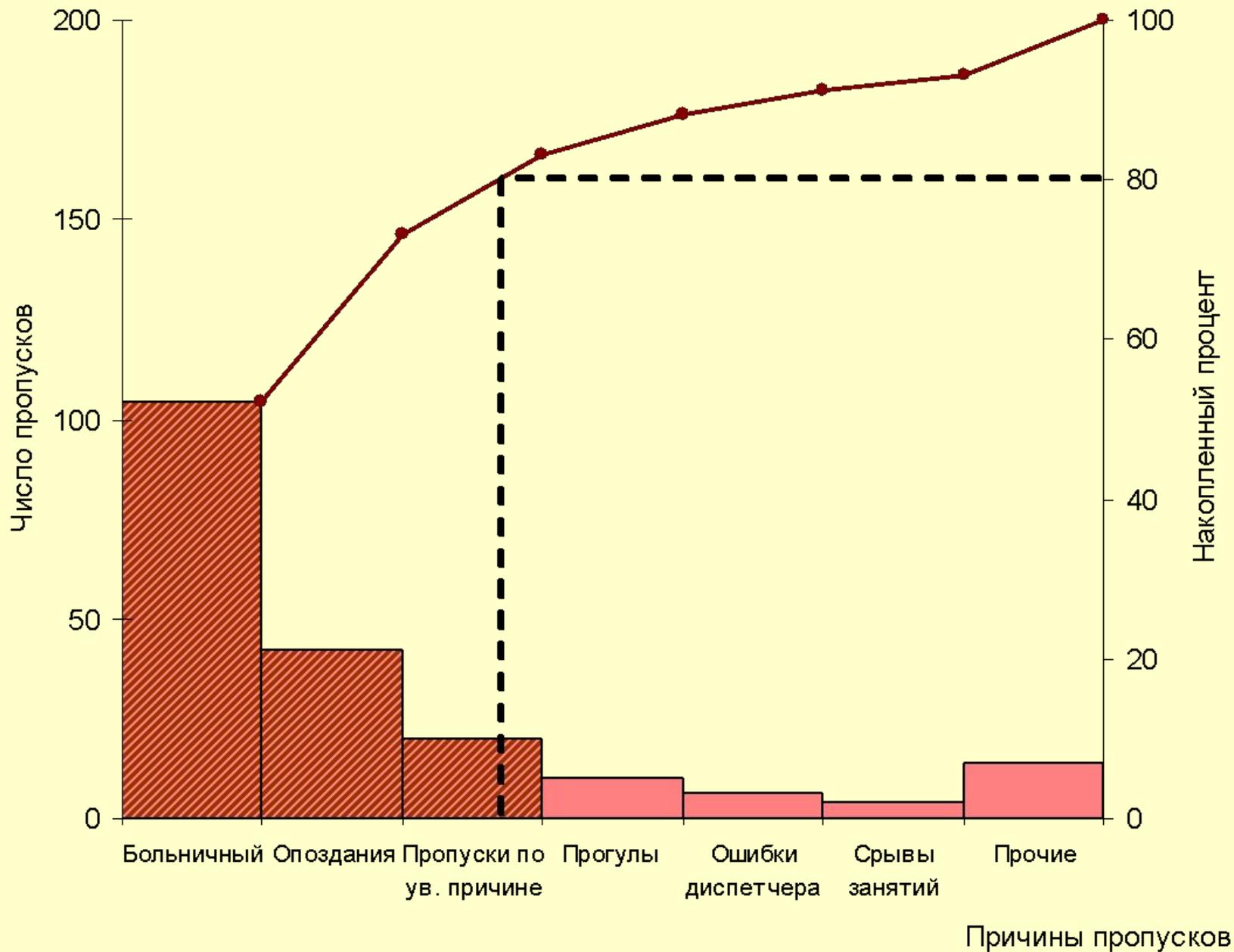
1. Вертикальные оси:

а) Левая ось с интервалами от 0 до числа, соответствующему общему числу дефектов.

б) Правая ось с интервалами от 0 до 100 %.

2. Горизонтальная ось содержит интервалы в соответствии с числом контролируемых признаков.

Построим столбчатую диаграмму и начертим кумулятивную кривую (кривую Парето).



36
 Диаграмма Парето по причинам пропусков занятий студентами

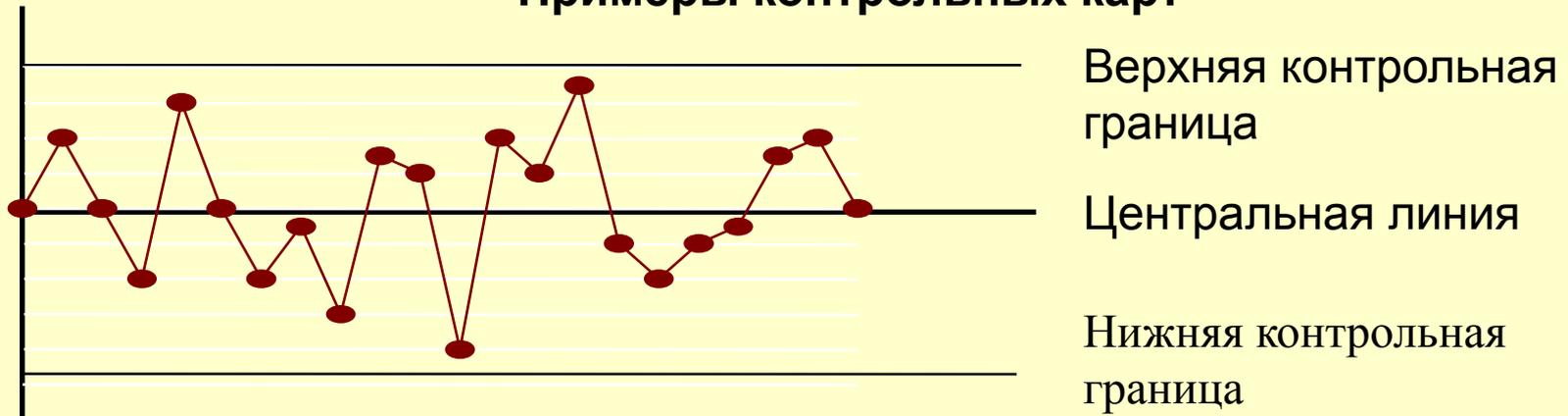
4. Контрольные карты

Контрольные карты применяются для контроля рабочих характеристик процесса. Они показывают отклонения от стандарта, цели или среднего значения и показывают уровень статистического контроля процесса в течение определенного времени. Их используют для изучения возможностей процесса, для определения достижимых целей качества и выявления изменений средних характеристик и изменчивости процесса, которые требуют корректирующих действий.

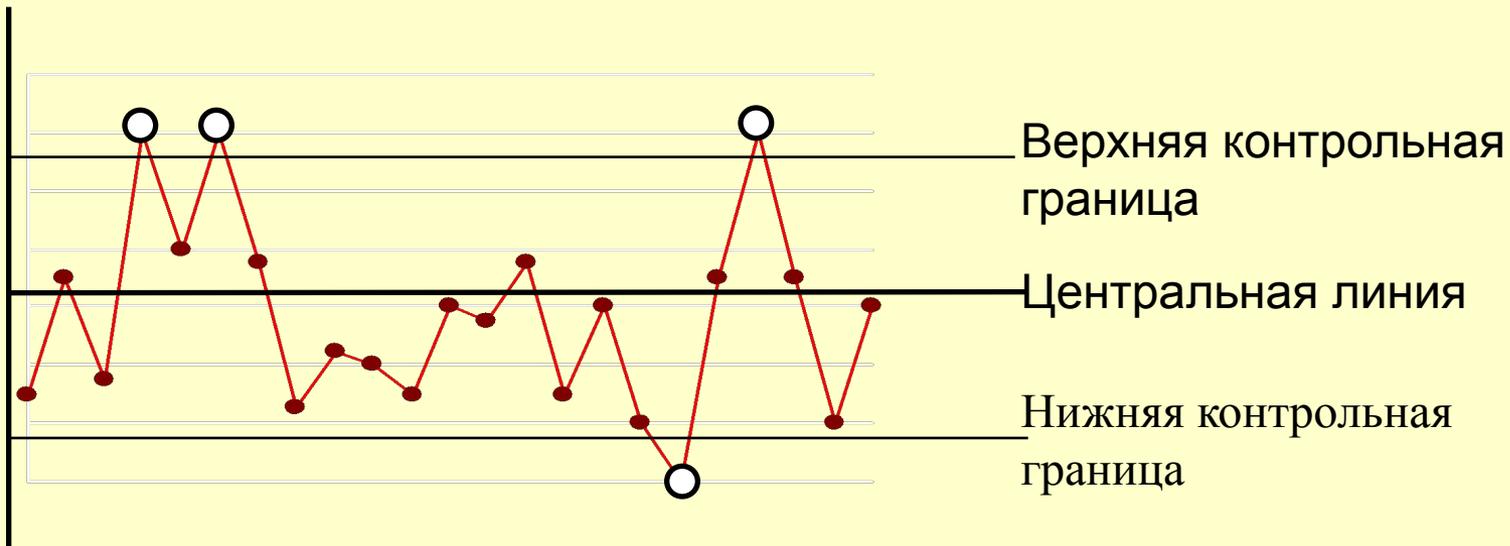
Контрольные карты основываются на четырех принципах:

1. Все процессы с течением времени отклоняются от заданных характеристик.
2. Отдельные точки являются непрогнозируемыми.
3. Стабильный процесс отклоняется случайно, и группы точек стабильного процесса имеют тенденцию располагаться в прогнозируемых границах.
4. Нестабильный процесс не отклоняется случайно, и неслучайными обычно являются те отклонения, которые находятся за пределами прогнозируемых границ.

Примеры контрольных карт



Контрольная карта для управляемого состояния (стабильного процесса)



Контрольная карта для неуправляемого состояния (нестабильного процесса)

Типы контрольных карт

Значения характеристики (показателя качества)	Название
Непрерывные значения	(\bar{x} - R)-карта (среднее значение и размах) x-карта (измеряемое значение)
Дискретные значения	np- карта (число дефектных изделий) p- карта (доля дефектов) c- карта (число дефектов) u- карта (число дефектов на единицу)

(\bar{x} -R)-карта - карта средних арифметических и размахов, применяется в случае контроля по количественному признаку таких показателей качества, как длина, масса, прочность на разрыв и др. Эта карта используется для анализа и управления процессами, показатели качества которых представляют собой непрерывные величины и несут наибольшее количество информации о процессе. Величина \bar{x} - среднее значение для подгруппы, а R - выборочный размах для той же подгруппы. Обычно R-карту используют вместе с c-картой для управления разбросом внутри подгрупп.

х-карта - карта индивидуальных значений (x)- применяется для обнаружения незамеченных факторов или в случае, когда за день или за неделю было произведено только одно наблюдение. Так как данные о процессе поступают через большие интервалы времени или если группирование данных не эффективно, они наносятся на график отдельными точками по мере поступления, и их тоже можно использовать для построения контрольной карты. Поскольку подгрупп нет, то нельзя вычислить значение R , и для определения контрольных пределов x приходится использовать текущие значения размаха R_s по последовательно поступающим данным.

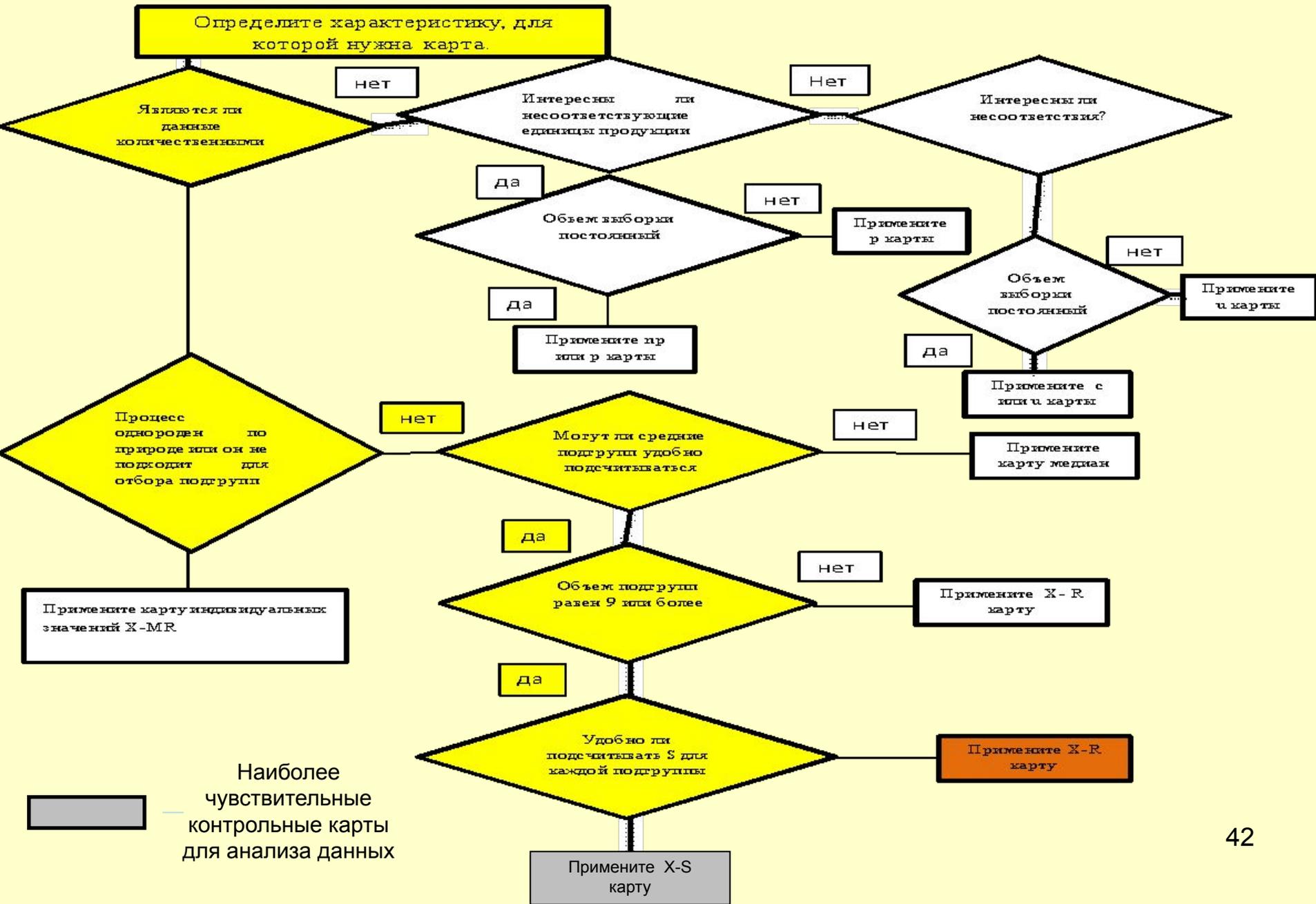
pn- карта - карта числа дефектных единиц продукции (pn) - применяется для контроля качества по определению числа дефектных изделий. В этом случае используется выборка постоянного фиксированного объема.

p-карта - карта доли дефектной продукции (p) - применяется для контроля качества по определению доли дефектных изделий (например, доли дефектных винтов по длине винта, доли дефектных электрических лампочек по количеству металла и т.д.) В данном случае выборка будет представлена меняющимся объемом.

c - карта - карта числа дефектов (C) - применяется в случае, когда контроль качества осуществляется путем определения суммарного числа дефектов в заранее установленном объеме проверяемых изделий (например, число разрывов на постоянной площади ткани, или изделиях одинакового размера).

u – карта - карта числа дефектов на единицу продукции (U) - применяется в случае контроля качества по числу дефектов на единицу продукции, когда площадь, длина или другой параметр образца продукции не являются постоянной величиной.

Алгоритм выбора контрольных карт



Формулы для расчёта границ контрольных карт

Вид контрольной карты	Верхний контрольный предел (UCL), центральная линия (CL), нижний контрольный предел (LCL)
\bar{x}	$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2$ $CL = \bar{\bar{x}}$ $LCL = \bar{\bar{x}} - A_2$
R	$UCL = D_4 \bar{R}$ $CL = \bar{R}$ $LCL = D_3 \bar{R}$
\bar{x}	$UCL = \bar{\bar{x}} + 2,66 \frac{\bar{R}}{\bar{n}}$ $CL = \bar{\bar{x}}$ $LCL = \bar{\bar{x}} - 2,66 \frac{\bar{R}}{\bar{n}}$
pn	$\bar{p} = \frac{\sum pn}{kn}$ $UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ $CL = \bar{p}$ $LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

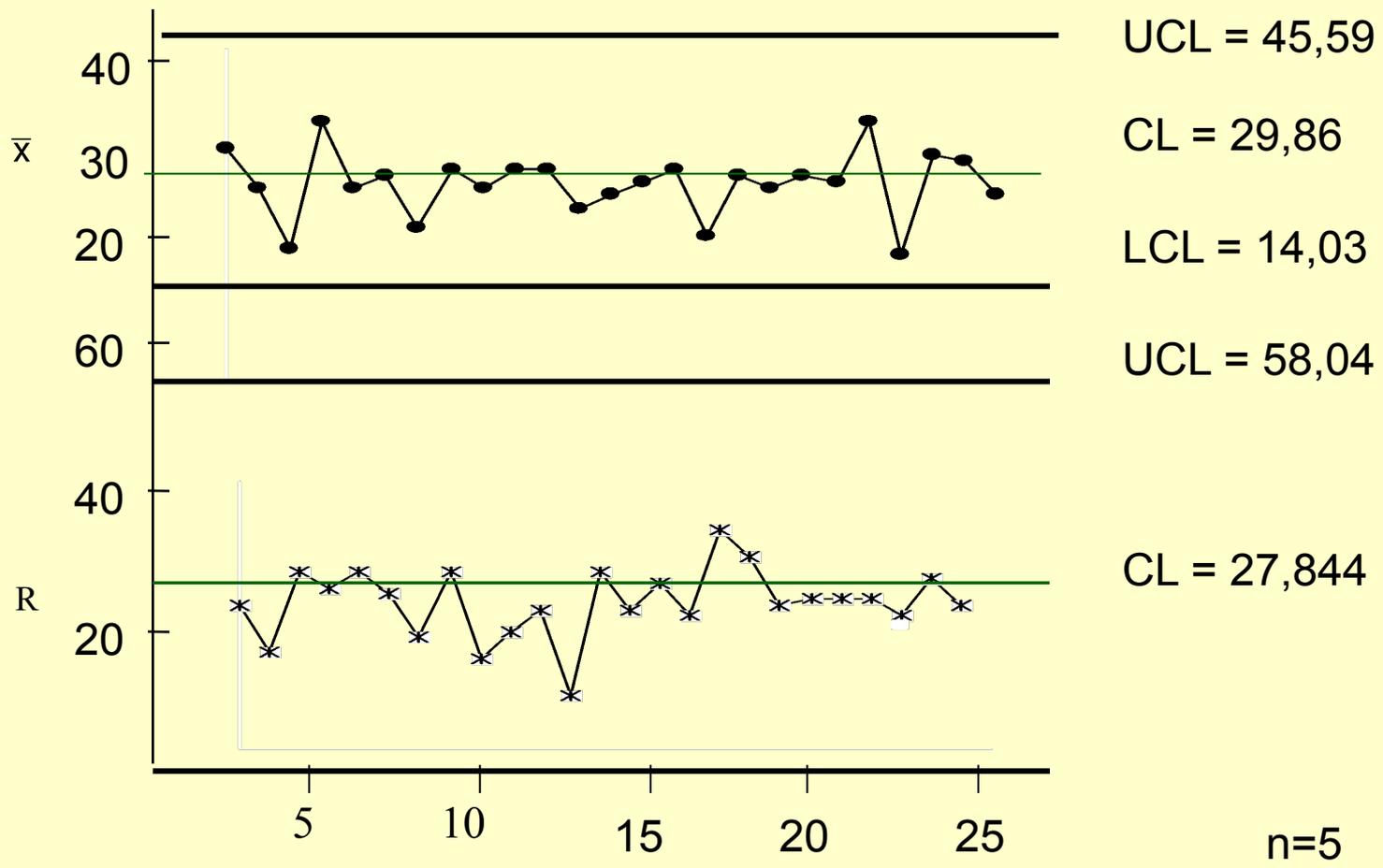
Формулы для расчёта границ контрольных карт

Вид контрольной карты	Верхний контрольный предел (UCL), центральная линия (CL), нижний контрольный предел (LCL)
p	$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\bar{p} \frac{(1-\bar{p})}{n}}$ $CL = \bar{p}$ $LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\bar{p} \frac{(1-\bar{p})}{n}}$
c	$UCL = \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}}$ $CL = \bar{c}$ $LCL = \bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}}$
u	$UCL = \bar{u} + 3 \sqrt{\bar{u}/n}$ $CL = \bar{u}$ $LCL = \bar{u} - 3 \sqrt{\bar{u}/n}$

Построение (\bar{x} -R) – карты

Таблица данных

Номер под- группы	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Σx	\bar{X}	R
1	47	32	44	35	20	178	35,6	27
2	19	37	31	25	34	146	29,2	18
3	19	11	16	11	44	101	20,2	33
4	29	29	42	59	38	197	39,4	30
5	28	12	45	36	25	146	29,2	33
6	40	35	11	38	33	157	31,4	29
7	15	30	12	33	26	116	23,2	21
8	35	44	32	11	38	160	32,0	33
9	27	37	26	20	35	145	29,0	17
10	23	45	26	37	32	163	32,6	22
11	28	44	40	31	18	161	32,2	26
12	31	25	24	32	22	134	25,8	10
13	22	37	19	47	14	139	27,8	33
14	37	32	12	38	30	149	29,8	26
15	25	40	24	50	19	158	31,6	31
16	7	31	23	18	32	111	22,2	25
17	38	0	41	40	37	156	31,2	41
18	35	12	29	48	20	144	28,8	36
19	31	20	35	24	47	157	31,4	27
20	12	27	38	40	31	148	29,6	28
21	52	42	52	24	25	195	39,0	28
22	20	31	15	3	28	97	19,4	28
23	28	27	22	32	54	163	32,6	32
24	42	34	15	29	21	141	28,2	27
						Итого ...	746,6	686
						= 29,86	= 27,44	



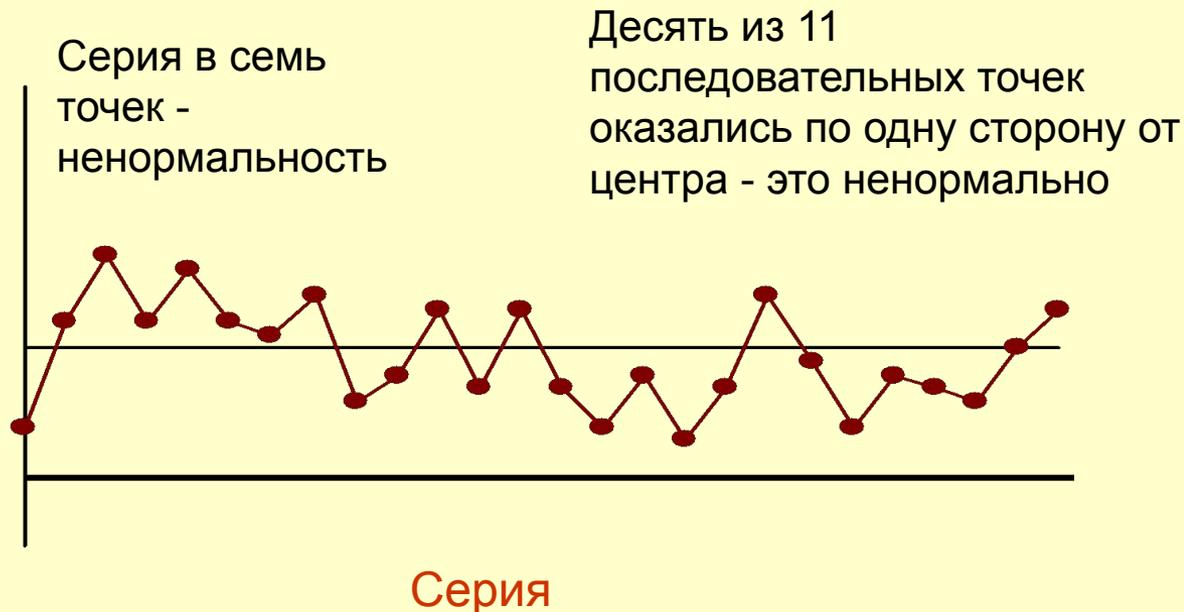
(\bar{x} -R)-карта

Чтение контрольных карт

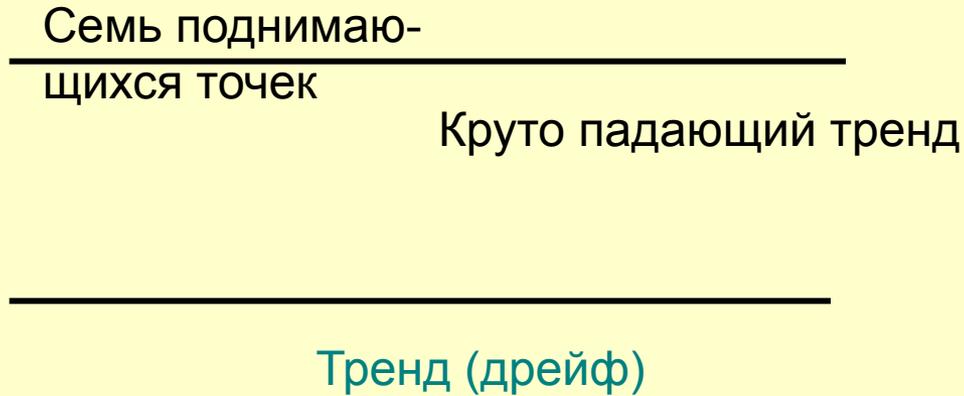
Контролируемое состояние процесса - это такое состояние, когда процесс стабилен, а его среднее и разброс не меняются. Это можно проследить при чтении контрольных карт на основании следующих критериев:

1. Выход за контрольные пределы. Точки, которые лежат вне контрольных пределов.

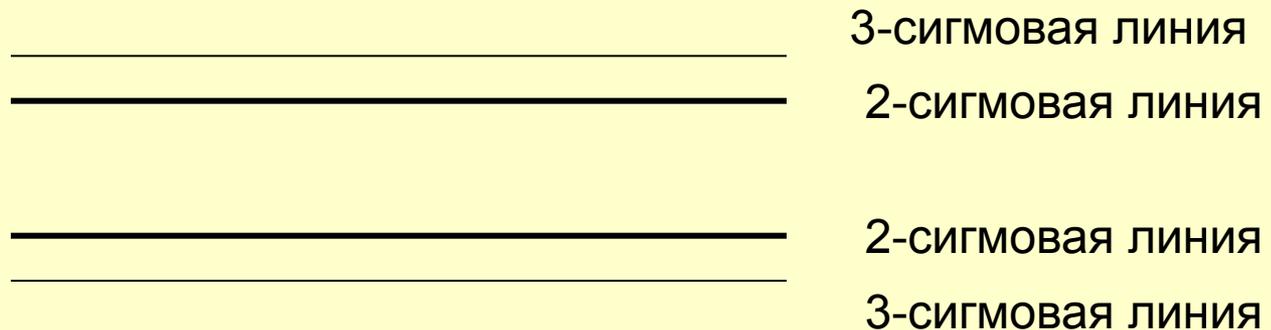
2. Серия - это проявление такого состояния, когда точки неизменно оказываются по одну сторону от средней линии; число таких точек называется длиной серии.



3. Тренд (дрейф). Если точки образуют непрерывно повышающуюся или понижающуюся кривую, говорят, что имеет место тренд.

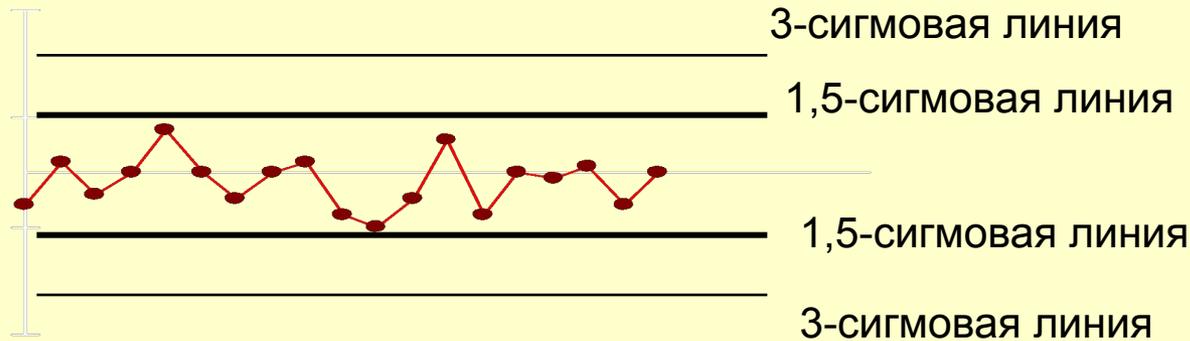


4. Приближение к контрольным пределам. Рассматриваются точки, которые приближаются к 3-сигмовым контрольным пределам, причем, если 2 или 3 точки оказываются за 2-сигмовыми линиями, то такой случай надо рассматривать как ненормальный.



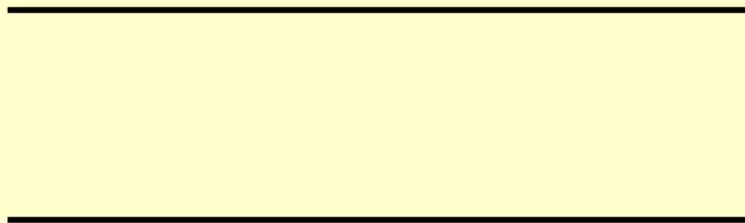
Приближение к контрольным пределам (две из трех точек)

5. Приближение к центральной линии. Когда большинство точек концентрируется внутри центральных полуторасигмовых линий, делящих пополам расстояние между центральной линией и каждой из контрольных линий, это обусловлено неподходящим способом разбиения на подгруппы.



Приближение к центральной линии

6. Периодичность. Когда кривая повторяет структуру “то подъем, то спад” с примерно одинаковыми интервалами времени, это тоже ненормально.



Периодичность

«7 основных методов». Диаграмма разброса.

Диаграммы разброса - это простой графический метод изучения зависимости между двумя видами связанных данных.

Диаграмма разброса показывает взаимосвязь между двумя видами связанных данных, выявляет и подтверждает их зависимость. Например, можно построить диаграмму для выявления связи между пропусками занятий и успеваемостью студентов, средним баллом аттестата абитуриентов и их средним баллом по итогам первой сессии.

Для построения диаграммы разброса получите парные данные (x, y) , между которыми требуется установить зависимость, и расположите их в таблице.

Положительная корреляция

$$n = 30 \cdot r = 0.9$$

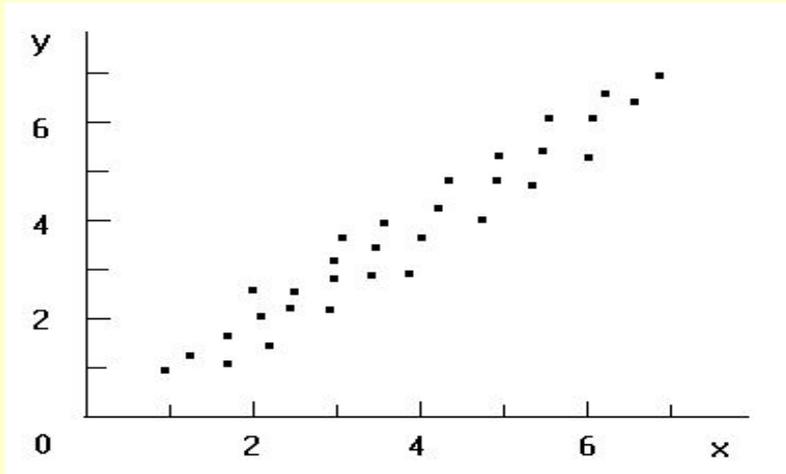


Рисунок 1

Может быть положительная корреляция

$$n = 30 \cdot r = 0.6$$

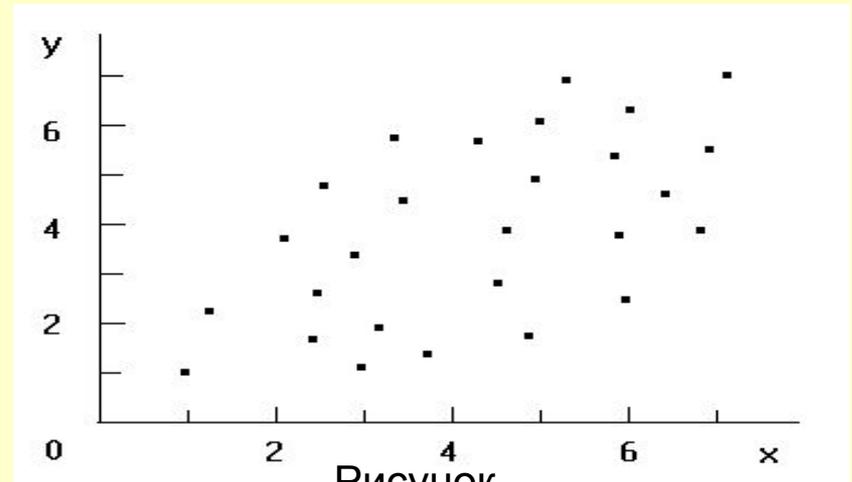


Рисунок 2

Нет корреляции

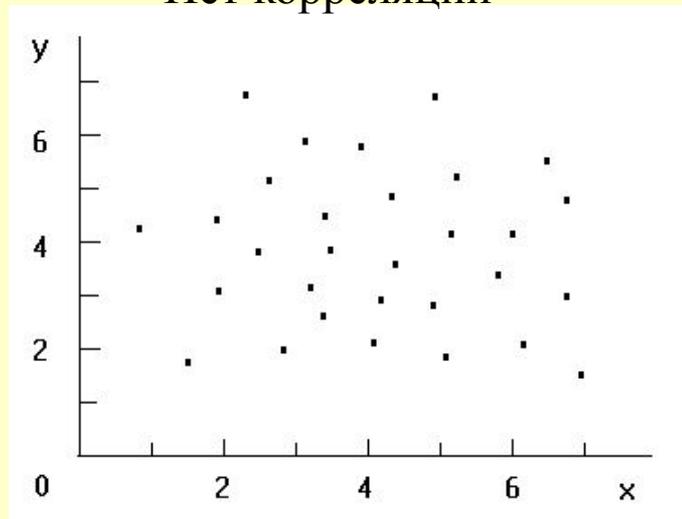


Рисунок 3

Отрицательная корреляция

$$n = 30 \cdot r = 0.9$$

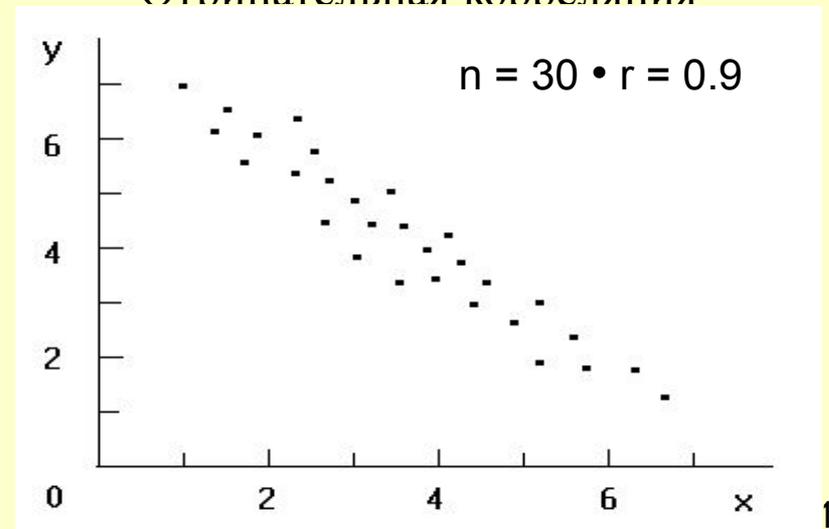


Рисунок 4

Может быть отрицательная корреляция

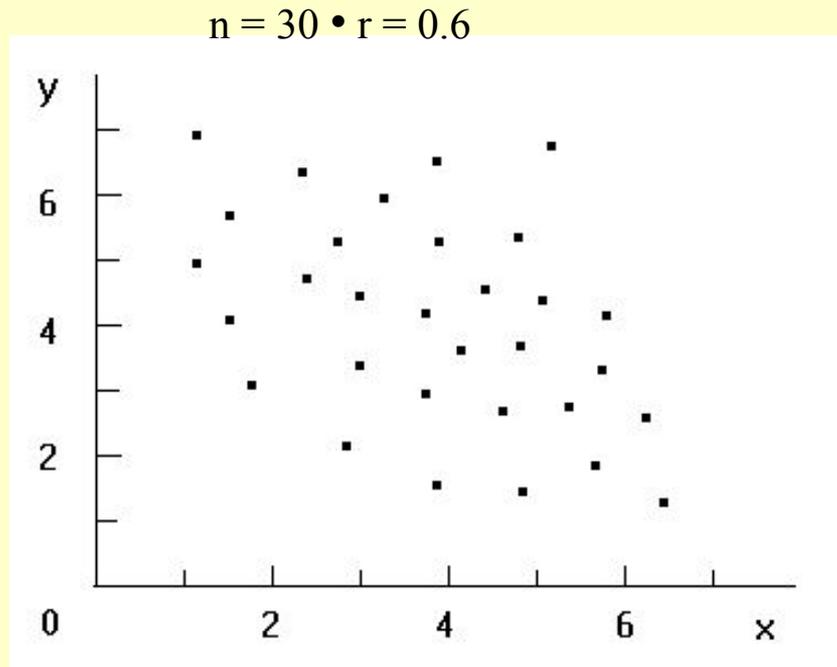


Рисунок 5

Может быть отрицательная корреляция

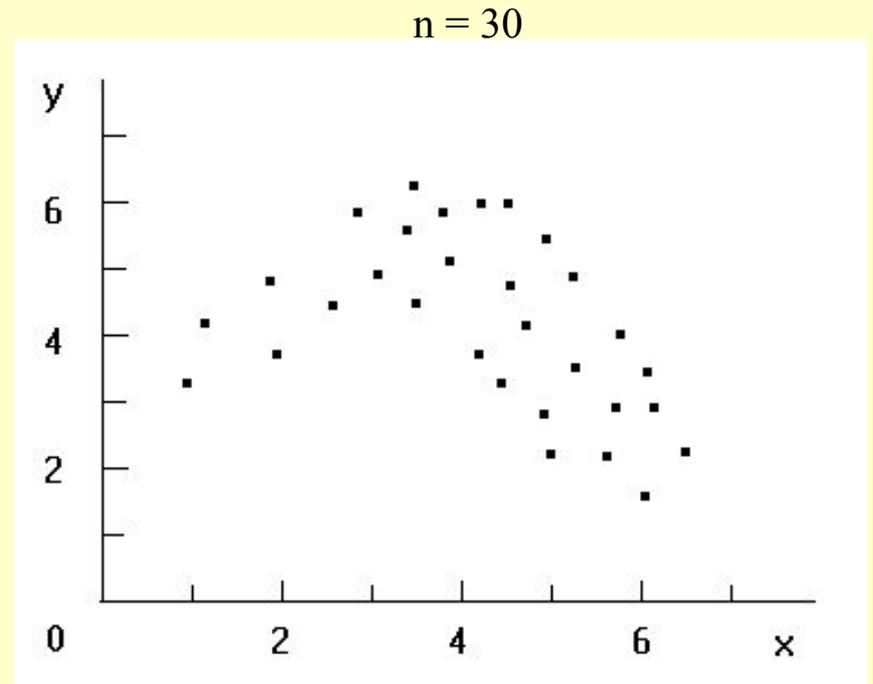


Рисунок 6