

*Дисциплина*

# **Моделирование химическо-технологических процессов**

*Тема №2*

## **Статистические методы исследования процессов**

*Воробьев Евгений Сергеевич*

# Проведение экспериментов

Обычно в природе все процессы непрерывны, но мы в наших исследованиях их заменяем набором дискретных измерений, квантуя (разбивая) на определенные шаги. Это так же вносит свои погрешности.

При квантовании сигнала по времени мы принимаем, что в заданном интервале времени значение остается постоянным, т.е. сигнал принимает ступенчатую форму. Чем меньше шаг, тем больше измерений и меньше время на их обработку.

При квантовании сигнала по значению мы считаем что один шаг, который взят для измерения существенно меньше погрешность, который мы хотим достичь. Чем меньше шаг тем больше объем данных, которые мы собираем. Здесь желательно иметь шаг как минимум на порядок меньше желаемой погрешности.

# Источники ошибок

При выполнении исследований мы имеем два источника ошибок:

- При проведение экспериментальных исследований из-за ошибок методики, измерений и случайности;
- При проверке моделей из-за низкой точности экспериментальных измерений или ошибочности модели.

Минимизация ошибок требует постоянных статистических измерений, проверки статистических гипотез для полученных измерений.

Все процессы обычно подчиняются **нормальному закону распределения** и если во время проведения измерений он начинает нарушаться, то это говорит о наличии каких-либо неучтенных воздействиях на систему. Что мы и должны искать и учитывать в наших моделях.

# Нормальный закон распределения

Нормальное распределение имеет колоколообразный вид кривой накопления плотности. Математическое выражение для этого закона имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Для анализа различных выборок на их совпадение обычно все данные нормируются по следующей формуле:

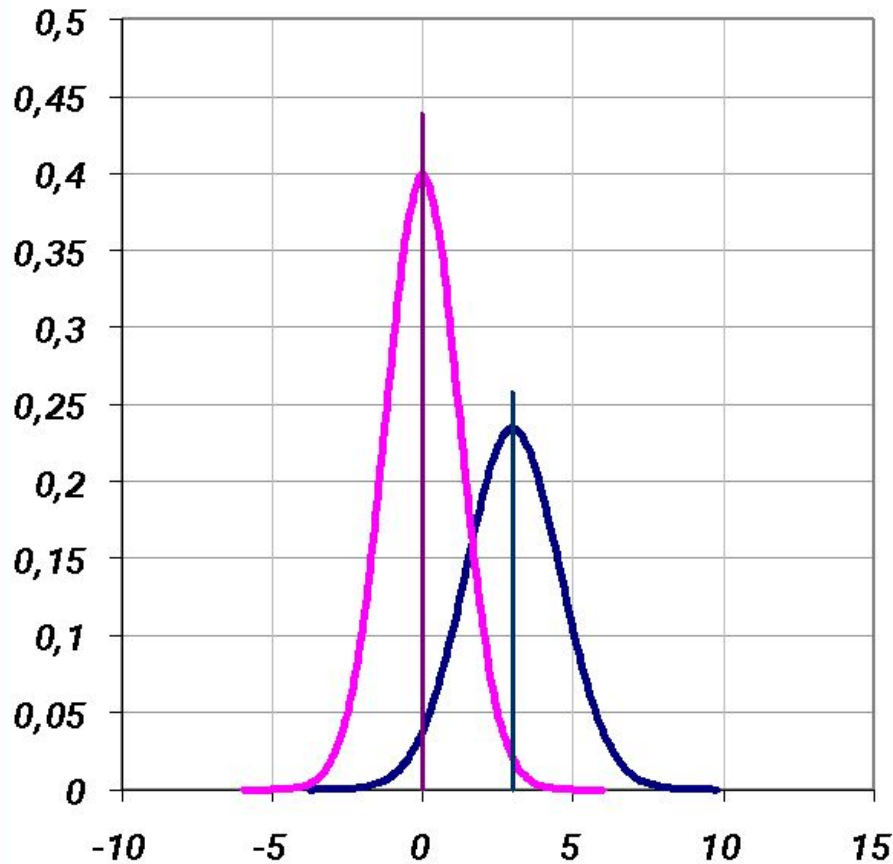
$$Z_i = (X_i - \bar{X})/S_i$$

с приведением основных точечных характеристик (среднее значение и стандартное отклонение) к 0 и 1 соответственно.

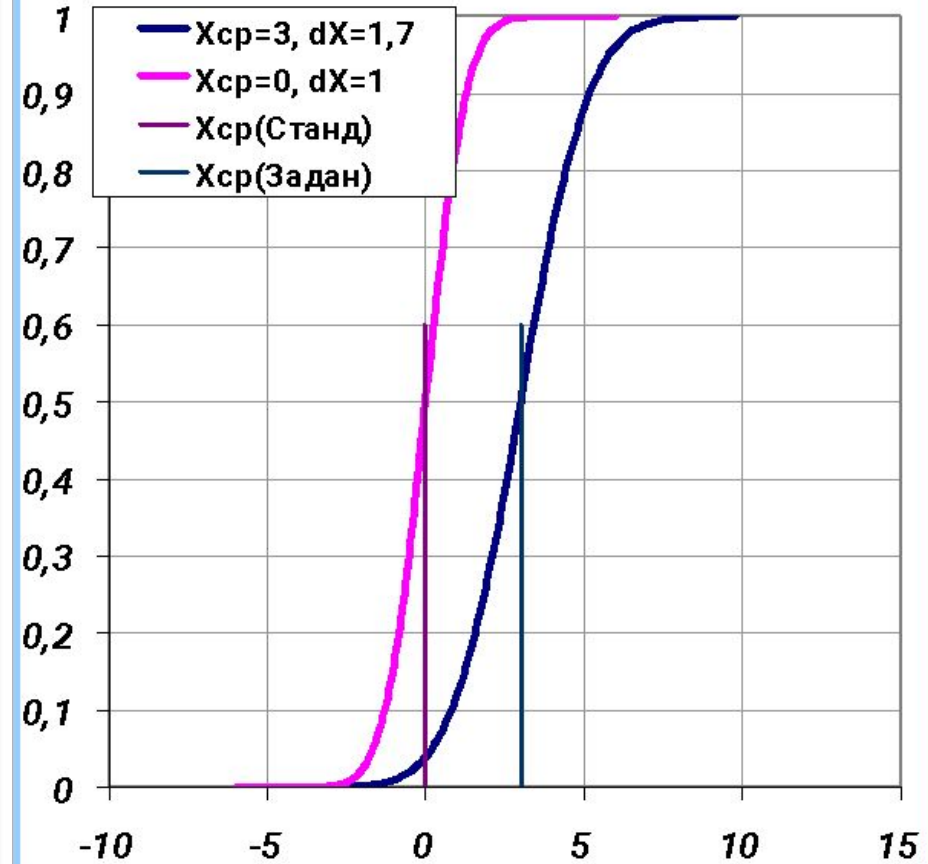
# Графики для нормального распределения

[Посмотреть](#)

## Плотность вероятности



## Функция распределения



Среднее значение = 3



Стандартное отклонение = 1,7



# Основы статистических измерений

**Существуют две группы параметров:**

- **Точечные оценки**, которые характеризуют выборку данных числовыми значениями (моментами), к ним относятся среднее значение, стандартное отклонение и т.п.;
- **Интервальные оценки**, которые представляют наши выборки в виде графиков, что позволяет визуально оценить их. К ним относятся различные гистограммы.

Рассмотрим эти оценки более подробно

## **Точечные оценки делятся на две группы:**

- **Начальные моменты**, которые зависят от самой выборки и вычисляются по формуле:

$$a_k = \sum_{i=1}^N X_i^k \cdot p_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^k$$

- Первый начальный момент – **среднее значение**;

- **Центральные моменты**, которые зависят так же и от первого начального момента

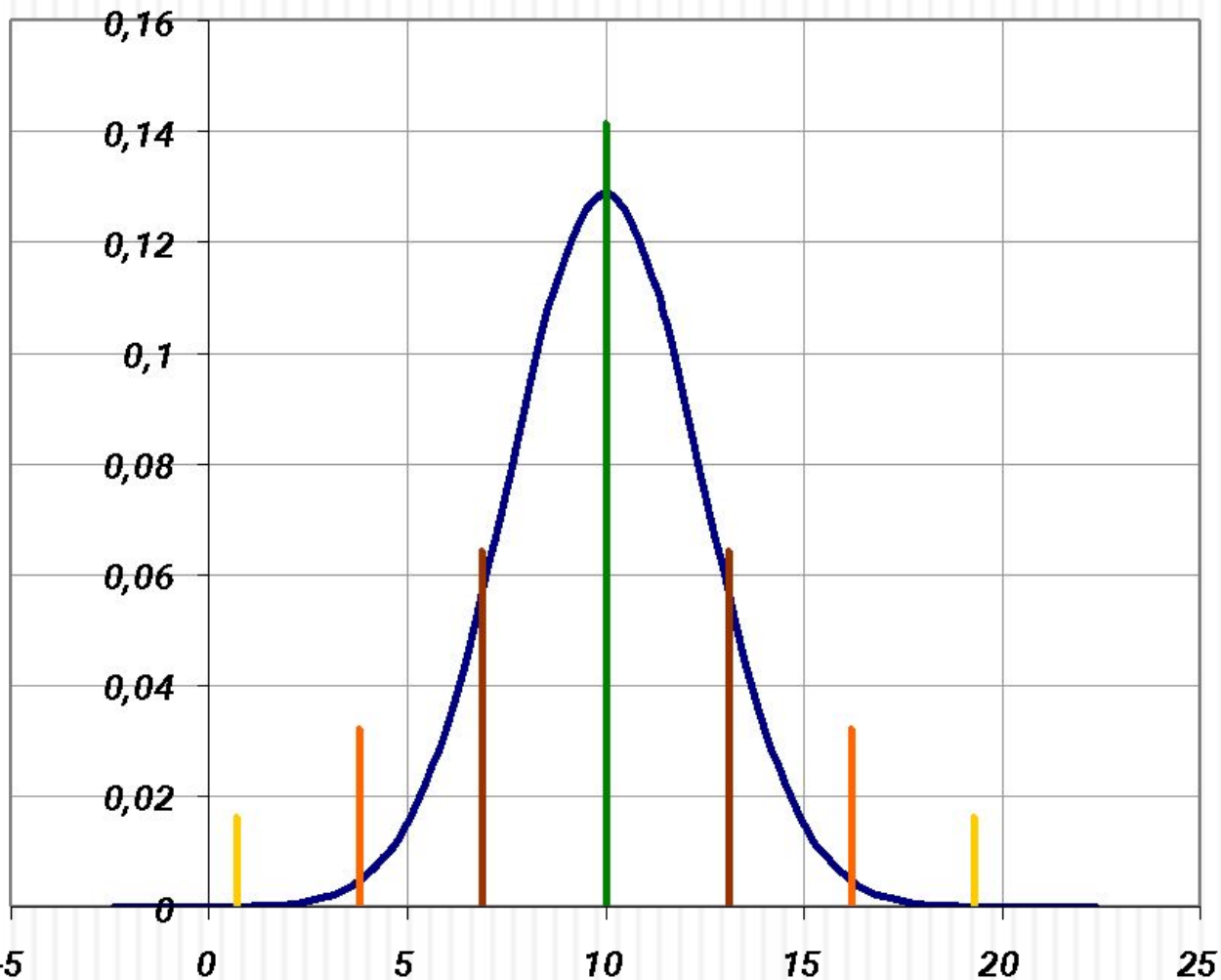
$$\mu_k = \sum_{i=1}^N (X_i^k - a) \cdot p_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i^k - a)$$

- Второй центральный момент – **дисперсия**, характеризует разброс значений выборки относительно среднего Стандартное отклонение – квадратный корень из дисперсии, позволяет оценить область данных с желаемой вероятностью попадания в нее;
- Третий центральный момент – **асимметрия**, показывает наличие отклонений от нормального закона по абсциссе;
- Четвертый центральный момент – **эксцесс**, показывает отклонение от нормального закона по ординате.

# Закон 3-х $\sigma$ . Среднее значение и стандартное отклонение

[Посмотрим](#)

## Основные точечные оценки



Выборка	X <sub>ср</sub>
$-\sigma$	$+\sigma$
$2(-\sigma)$	$2(+\sigma)$
$3(-\sigma)$	$3(+\sigma)$

### Параметра случайной величины

Среднее значение

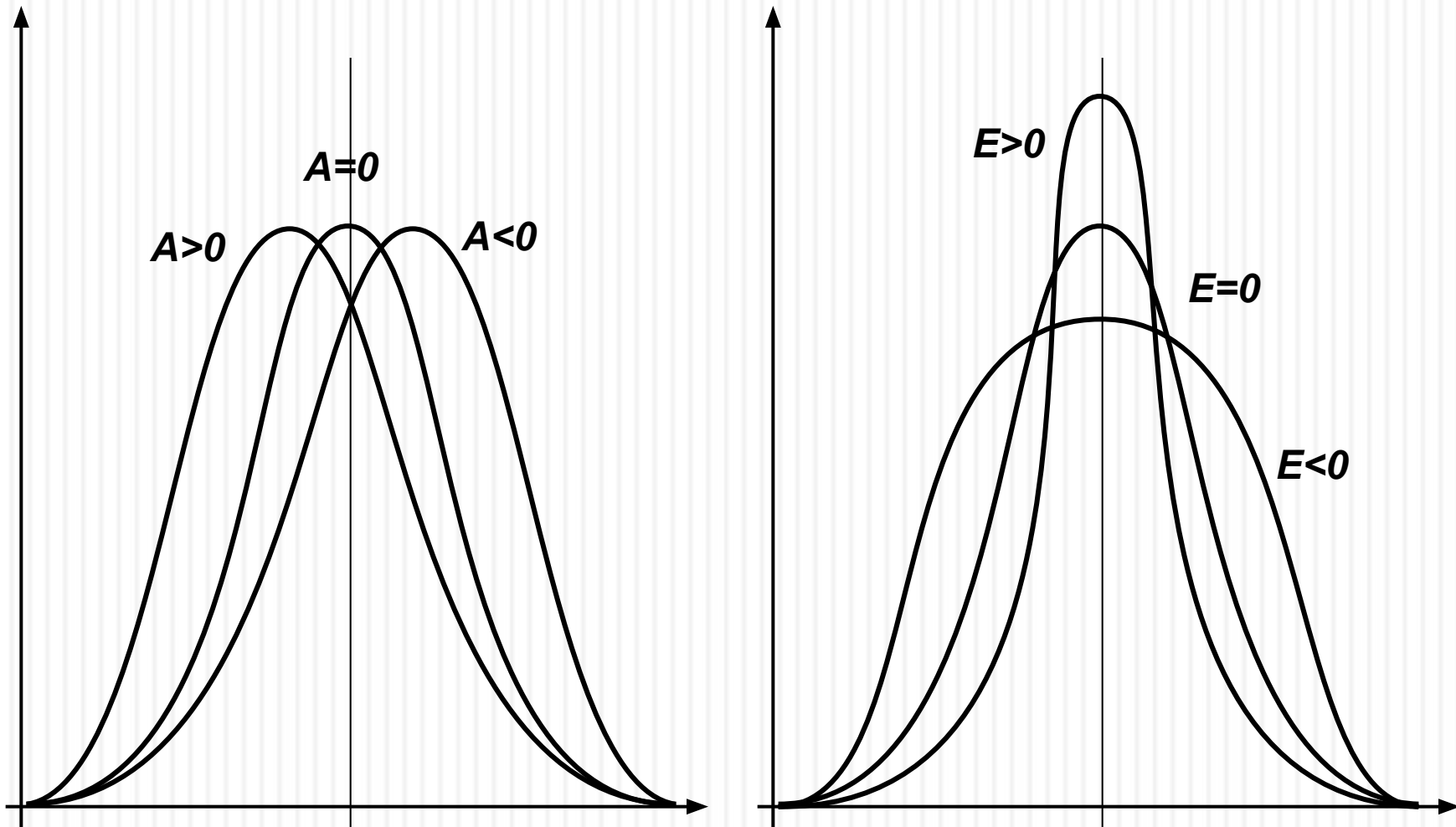
10

Стандартное отклонение

3,1



# Асимметрия и эксцесс



Кроме моментов есть и другие точечные оценки:

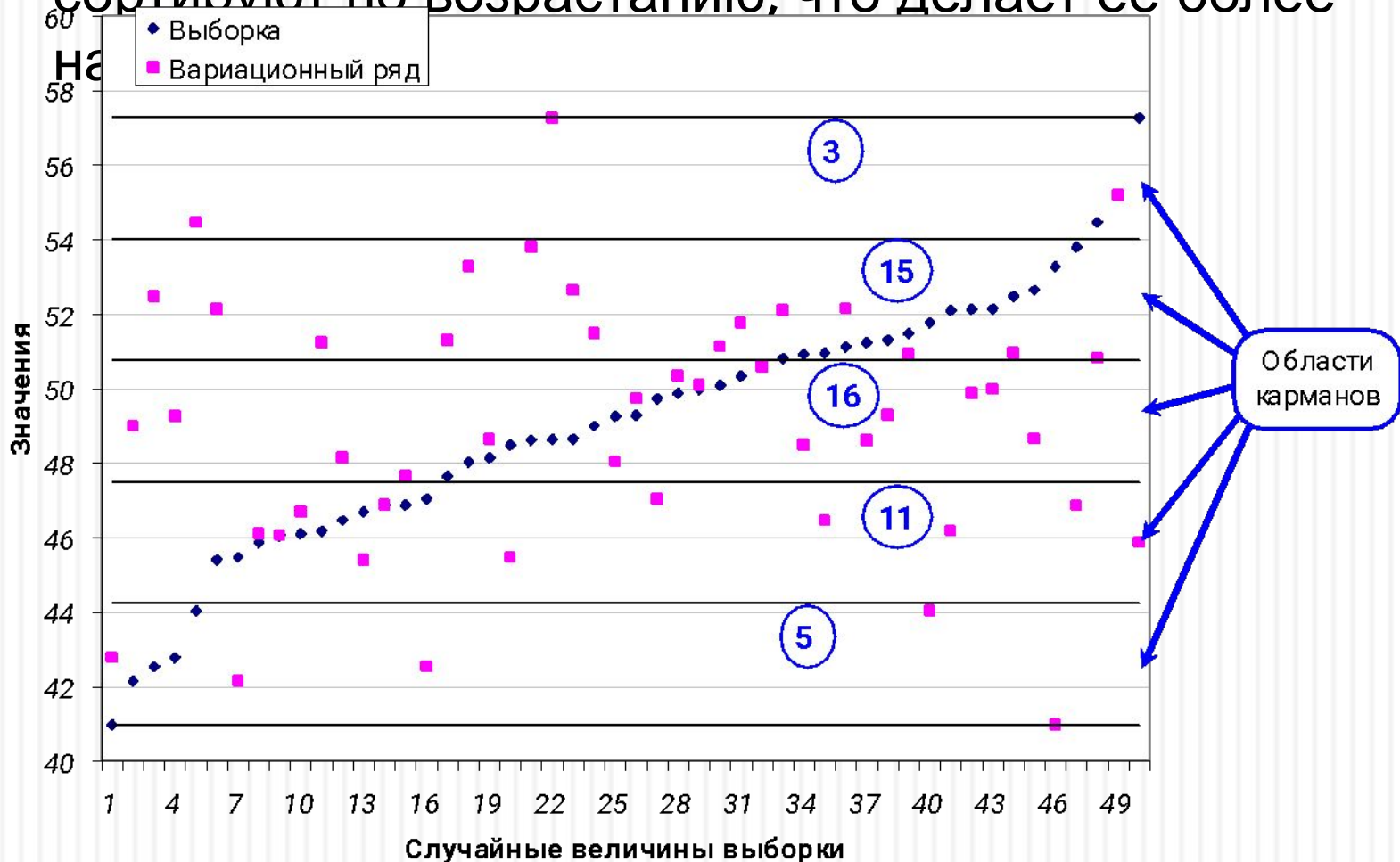
- ▣ **Медиана**, делит нашу выборку строго пополам (при четном числе элементов проходит по середине, при нечетном по центральному элементу. Сравнение медианы и среднего значения позволяют оценить асимметричность выборки;
- ▣ **Мода**, показывает наиболее часто встречающийся элемент;

Анализируя все эти показатели можно оценить насколько выборка близка к нормальному закону распределения и если это не так, то надо искать причины этих отклонений.

Для более наглядного представления статистических данных используют интервальные оценки

**Интервальные оценки** представляют наши выборки в виде графиков, что позволяет визуально оценить их. К ним относятся:

- ▣ **Вариационный ряд**, который является основой для построения гистограмм. Элементы случайной выборки сортируют по возрастанию, что делает ее более

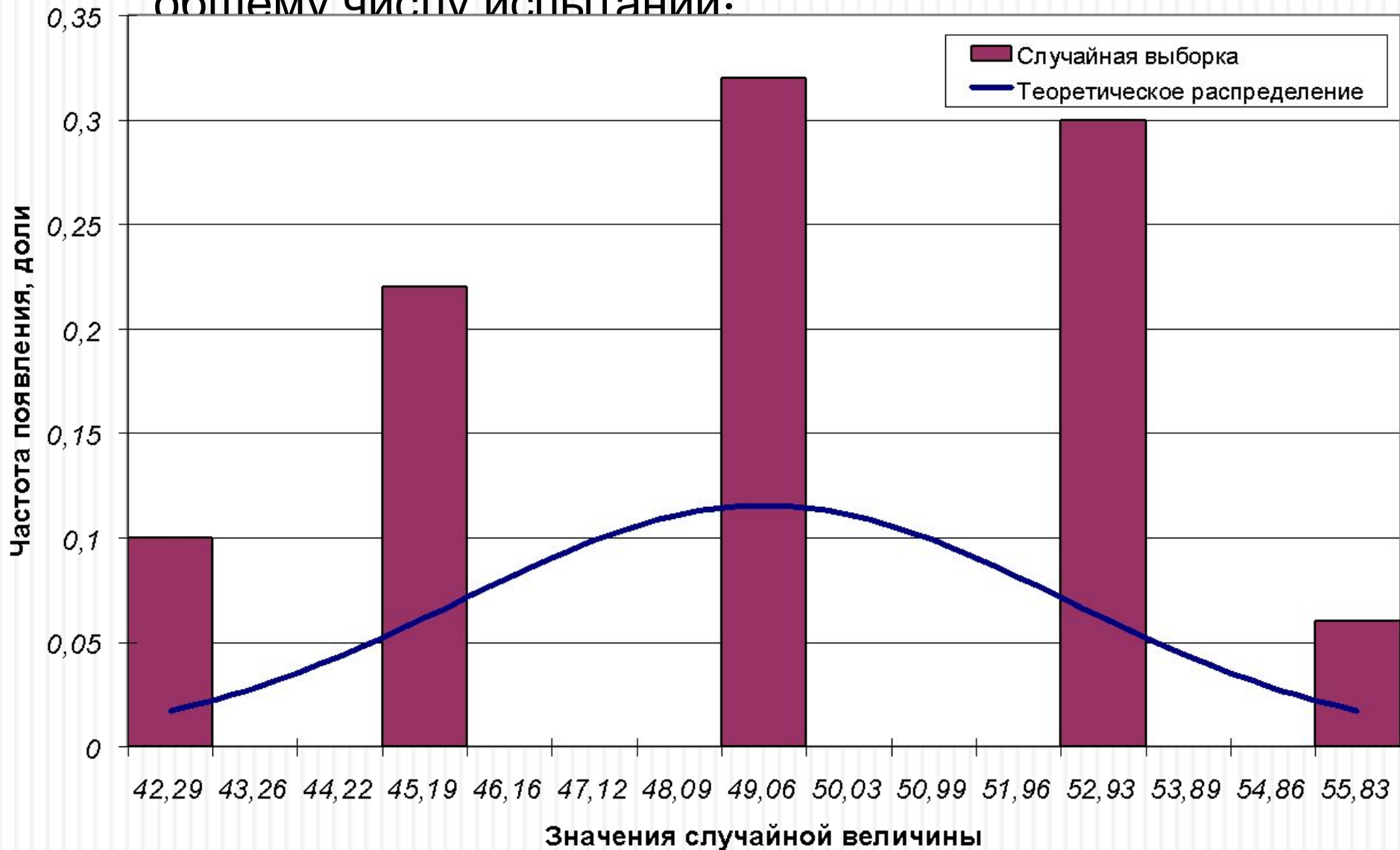


**Интервальные оценки** представляют наши выборки в виде графиков, что позволяет визуально оценить их. К ним относятся:

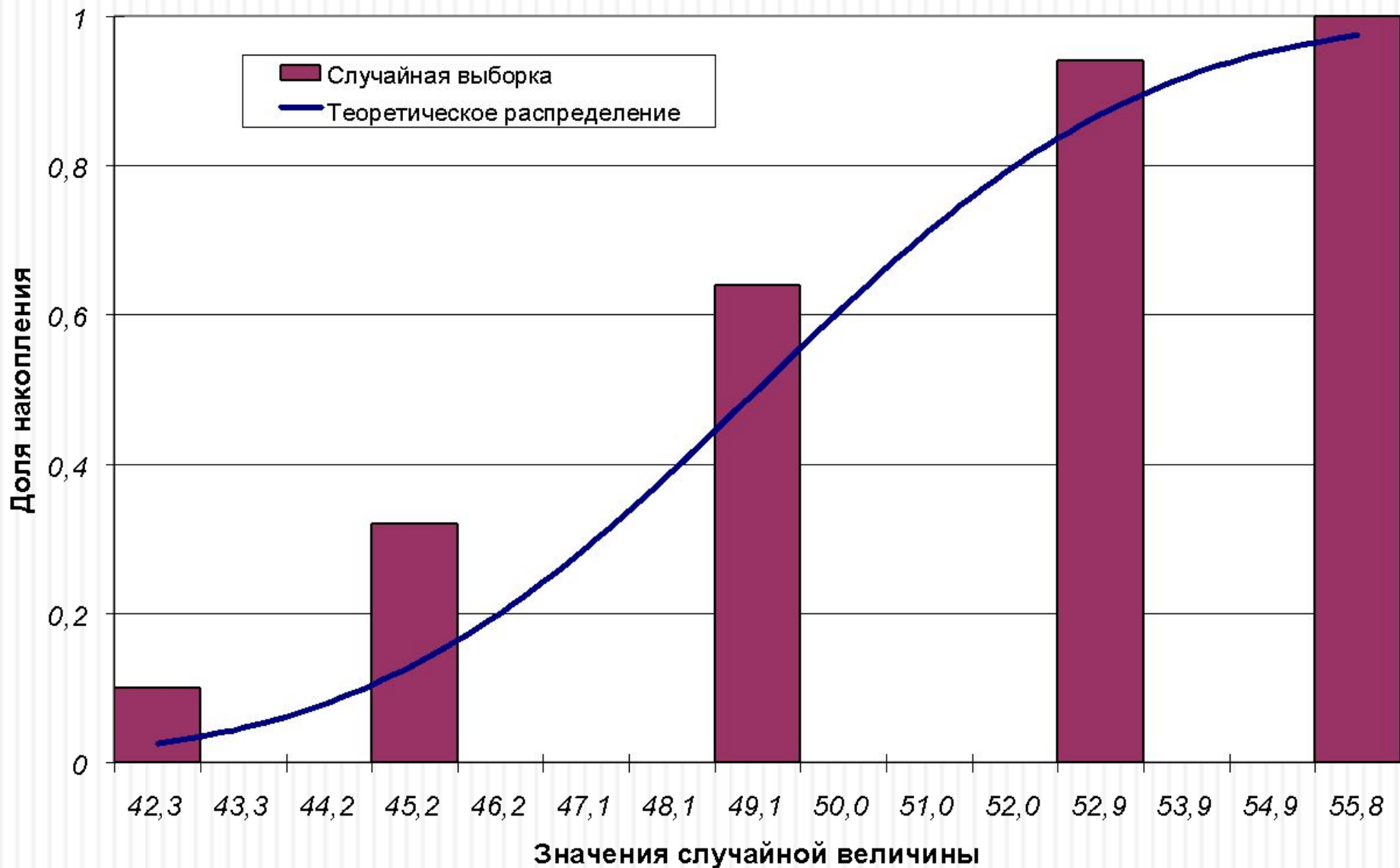
- ▣ **Заменяем выборку из N-элементов в K-карманов,** которая становится более компактной (5 пар чисел –

Среднее значение кармана	Число испытаний в кармане	Вероятность для кармана
$K_1$	5	$5/50=0,10$
$K_2$	11	$11/50=0,22$
$K_3$	16	$16/50=0,32$
$K_4$	15	$15/50=0,30$
$K_5$	3	$3/50=0,06$
Кол-во испытаний	50	

- **Гистограмма** строится в натуральных или нормированных единицах. Первые показывают число попаданий СВ в карман, а вторые нормированы к общему числу испытаний.



# Кривая накопления в натуральных или нормированных значениях;



# Общие приемы работы в MS

## Excel

### Ячейка может хранить:

- **Текст** – набор любых символов;
- **Число** – цифры (0-9), знаки (+ -), запятая (точка для американской локализации пакета) и латинская буква (E e);
- **Формула** – строка начинается со знака =. Содержит арифметические операции (+ - \* / ^) и функции, аргументами являются адреса ячеек (A12 R12C1) или их имена и константы, заданные числами или текстом.

### Адреса ячеек могут быть:

- **Относительными** – задаются относительно ячейки с формулой;
- **Абсолютными** – задаются постоянным адресом ячейки;
- **Относительно-абсолютным** – фиксируется строка, а столбец берется относительно ячейки с формулой;
- **Абсолютно-относительным** – фиксируется столбец, а строка берется относительно ячейки с формулой;

Переход между вариантами адресаций выполняется клавишей **F4**

# Примеры относительных адресов

	A	B	C
1			
2	5	1	=A2+B2

Создаем формулу – сумма двух чисел с относительной адресацией и копируем её растягиванием за уголок

	A	B	C
1			
2	5	1	6
3	6	2	8
4	7	3	=A4+B4

Получаем формулу с ссылками на ячейки 4 строки



# Пример абсолютного адреса

	A	B
1		5
2	5	=A2*\$B\$1

	A	B
1		5
2	5	25
3	6	30
4	7	=A4*\$B\$1

Создаем формулу – надо перемножить столбец чисел на константу 5 (адрес константы фиксируем клавишей F4 один раз). После растягиваем формулу и получаем формулу с адресом 4 строки и константой в B1

# Пример смешенных адресов

	A	B
1		1
2	1	= \$A2 * B\$1

	A	B
1		1
2	1	1
3	2	2
4	3	3

	A	B	C
1		1	2
2	1	1	2
3	2	2	4
4	3	3	= \$A4 * C\$1

Создаем формулу для построения таблицы умножения, где первое число каждого столбца надо умножить на числа по строкам. Формула имеет вид (для ячейки A2 фиксируем \$ имя столбца, нажимая клавишу F4 три раза, для ячейки B1 фиксируем номер строки, нажимая F4 два раза). После растягиваем формулу сначала по строкам (или по столбцам), а потом не снимая выделения по столбца (или наоборот) получаем формулу.

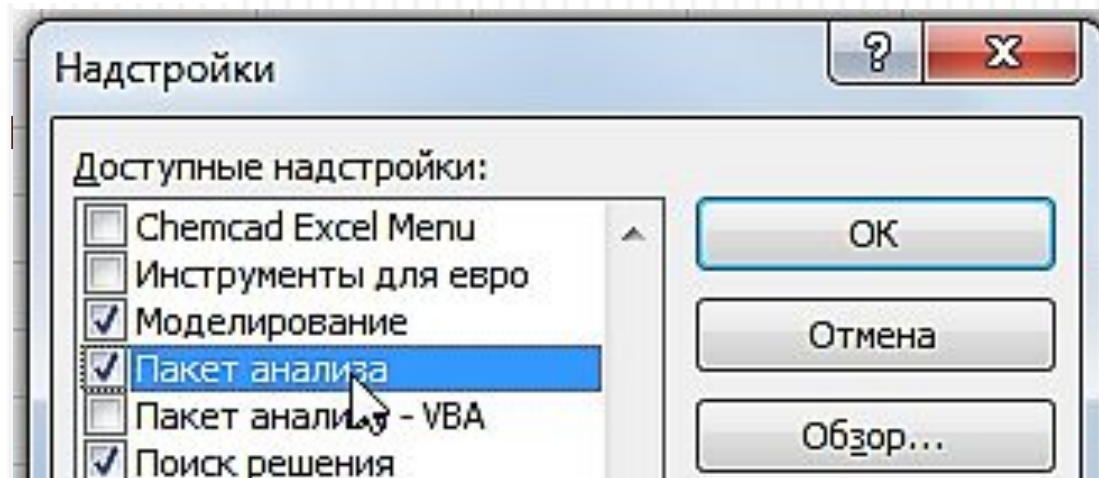
# Реализация статистических расчетов в *MS Excel*

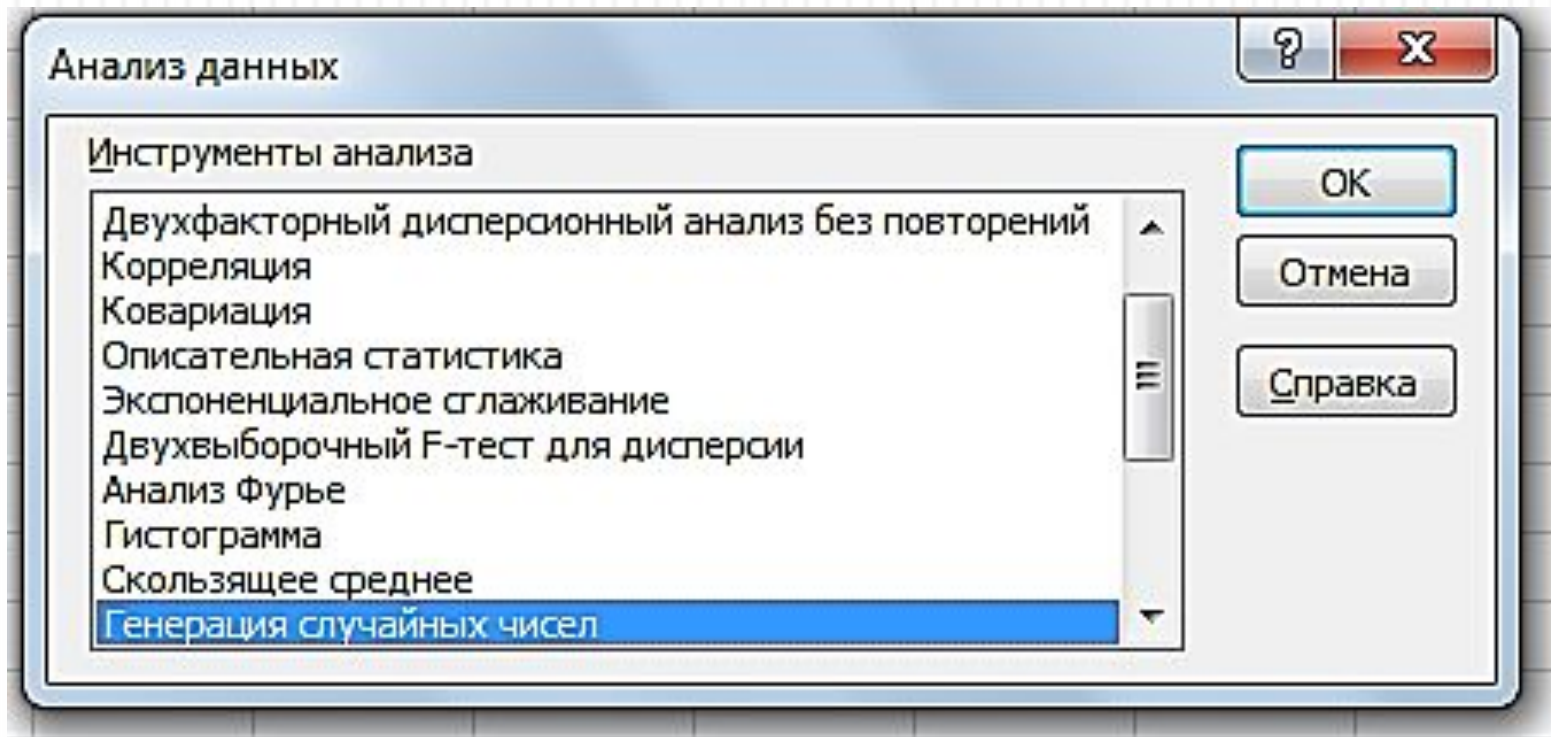
Надстройка «Анализ данных» позволяет выполнить практически полный набор статистических вычислений. Для вызова настройки используем следующую команду – «**Файл**» – «**Параметры**» – «**Управление**» – «**Надстройки Excel**» – «**Анализ данных**» – «**Настройка**».

Если надстройка не установлена её надо запустить используя следующие команды – «**Файл**» – «**Параметры**» – «**Управление**» – «**Надстройки Excel**» – «**Анализ данных**» – «**Настройка**».

Управление:

переходим к надстройкам  
отмечаем нужную.





*Наиболее часто используются:*

- Генерация случайных чисел** – готовим выборки по нужным законам распределения с заданными параметрами;
- Описательная статистика** – получаем основные статистические данные по точечным оценкам для выборок;
- Гистограмма** – строим гистограммы для анализа.

# Генерация случайных чисел

Генерация случайных чисел

Число переменных:

Число случайных чисел:

Распределение:

Параметры

Среднее =

Стандартное отклонение =

Случайное рассеивание:

Параметры вывода

Выходной интервал:

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга

ОК

Отмена

Справка

Задаем число переменных

Задаем объем выборки

Выбираем закон распределения

И вводим его параметры


Задаем случайное число для разгона генератора СЧ

Указываем куда поместить выборку

# Описательная статистика

Описательная статистика


Входные данные

Входной интервал:  

Группирование:  по столбцам  
 по строкам

Метки в первой строке

Параметры вывода

Выходной интервал:  

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга

Итоговая статистика

уровень надежности:  %

К-ый наименьший:

К-ый наибольший:

OK  
Отмена  
Справка

Выборка с листа

Адрес куда поместить результаты

Выводится полная статистика

Желаемая вероятность

Можно отбрасывать заданное число измерений



# Гистограмма

Гистограмма

Входные данные

Входной интервал:

Интервал карманов:

Метки

Параметры вывода

Выходной интервал:

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга

Парето (отсортированная гистограмма)

Интегральный процент

Вывод графика

OK

Справка

Задаем  
выборку  
при

необходимост  
и задаем  
карманы,  
чтобы  
разложить  
все  
гистограммы  
по  
одинаковым  
карманам

Указываем  
куда выводить  
результаты

Сортируем  
карманы

Показываем  
интегральную  
кривую

Строим график

# Реализация исследования СВ на листе MS Excel

Рассмотрим процедуру создания для вычисления точечных параметров СВ в реальном времени:

- На листе должна быть область исходных данных:
  - Требуемая вероятность исследования;
  - Тип интервалов для вывода (1-левый, 2-центральный, 3-правый)
  - Требуемая точность вывода результатов.
- Область расчетных данных:
  - Среднее значение, Стандартное отклонение, Кол-во испытаний.
- Область данных для ввода измерений;
  - Место для ввода текущих измерений.
- Область с отчетными данными:
  - Погрешность среднего;
  - Заданный интервал существования данных.



# Создание макета листа

	A	B	C	D
1	Исходные данные			Испытания
2	Вероятность	99%		45
3	Интервал	2		50
4	Значищие цифры	2		47
5				44
6	Расчетные данные			45
7	Ср.значение	46,2		
8	Ст.оклонение	2,387467277		
9	Число испытаний	5		
10				
11	Результаты испытания			
12	Ответ	46,20+/-2,75		
13	Интервал	40,05<=X<=52,35		

# Формулы для статистических расчетов

	A	B	C	D
1		Исходные данные		Испытания
2	Вероятность	0,99		45
3	Граница	2		50
4	Знач. Цифр	1		47
5				44
6		Расчетные данные		45
7	Ср.значение	=СРЗНАЧ(D2:D1001)		
8	Ст.отклонение	=СТАНДОТКЛОН(D2:D1001)		
9	Число испытаний	=СЧЁТ(D2:D1001)		
10				

Для вычисления основных точечных параметров СВ используем следующие функции листа:

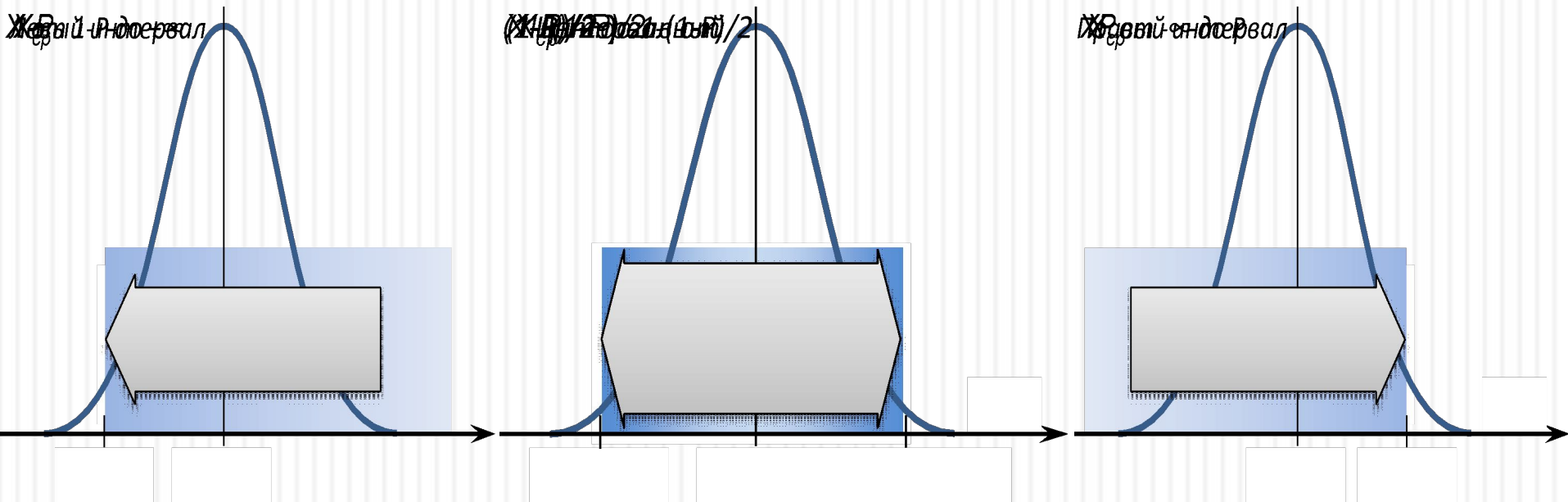
- СРЗНАЧ() – среднее значение для выборки указанного размера;
- СТАНДОТКЛОН() – стандартное отклонение для выборки;
- СЧЕТ() – число испытаний в выборке.

Для всех функций задаем один и тот же параметр, например, как показано здесь 1000 ячеек в столбце D – D2:D1001.

# Формулы для отчета

Принимаем формы отчетных данных:

- Погрешность среднего будем записывать –  $X = X_{\text{ср}} \pm \Delta X$
- Интервалы по следующим схемам:
  - Левый – (Граница)  $\leq X$
  - Центральный – (Граница1)  $\leq X \leq$  (Граница1)
  - Правый –  $X \leq$  (Граница)



# Формулы для отчета

Для всех числовых значений принимаем заданное число значимых цифр после запятой. Информация будет представлена в текстовом виде и для её форматирования используем функцию:

ТЕКСТ(Значение, Формат)

Где: Значение – числовое выражение, которое надо отформатировать;  
Формат – вид формата для форматирования.

У нас формат будет иметь такой вид – “#0,00”, где число нулей после запятой должно зависеть от числа значимых чисел для этого построим следующую формулу – “=#0,” & ПОВТОР (“0”;B4)

# Область комментариев на листе

	F	G	H	
1		Комментарий		
2		Интервалы		
3			1 Левый	
4			2 Центральный	
5			3 Правый	
6				
7		$40,65 \leq X$		
8		$40,05 \leq X \leq 52,35$		
9		$X \leq 51,75$		
10				
11		Формат вывода		
12		#0,00		
13				

Данную формулу например поместим в ячейку G12.

В ячейках G2:H5 просто запишем соответствия номеров и интервалов для памяти.

В ячейках G7:G9 создадим вспомогательные формулы для построения одной общей формулы интервала в отчетную ячейку B13.

# Расчет интервалов

Для расчета интервалов по заданной вероятности используем функцию – НОРМОБР(Вероятность, Ср\_значение, Ст\_отклонение), которая находит вероятное значение  $X$  для указанной вероятности. В зависимости от типа интервала значения вероятностей будут:

- Левый –  $P = 1 - P_{\text{зад}}$ ;
- Центральный –  $P_{\text{лев}} = (1 - P_{\text{зад}}) / 2$ ;  $P_{\text{пр}} = 1 - (1 - P_{\text{зад}}) / 2$ ;
- Правый –  $P = P_{\text{зад}}$ .

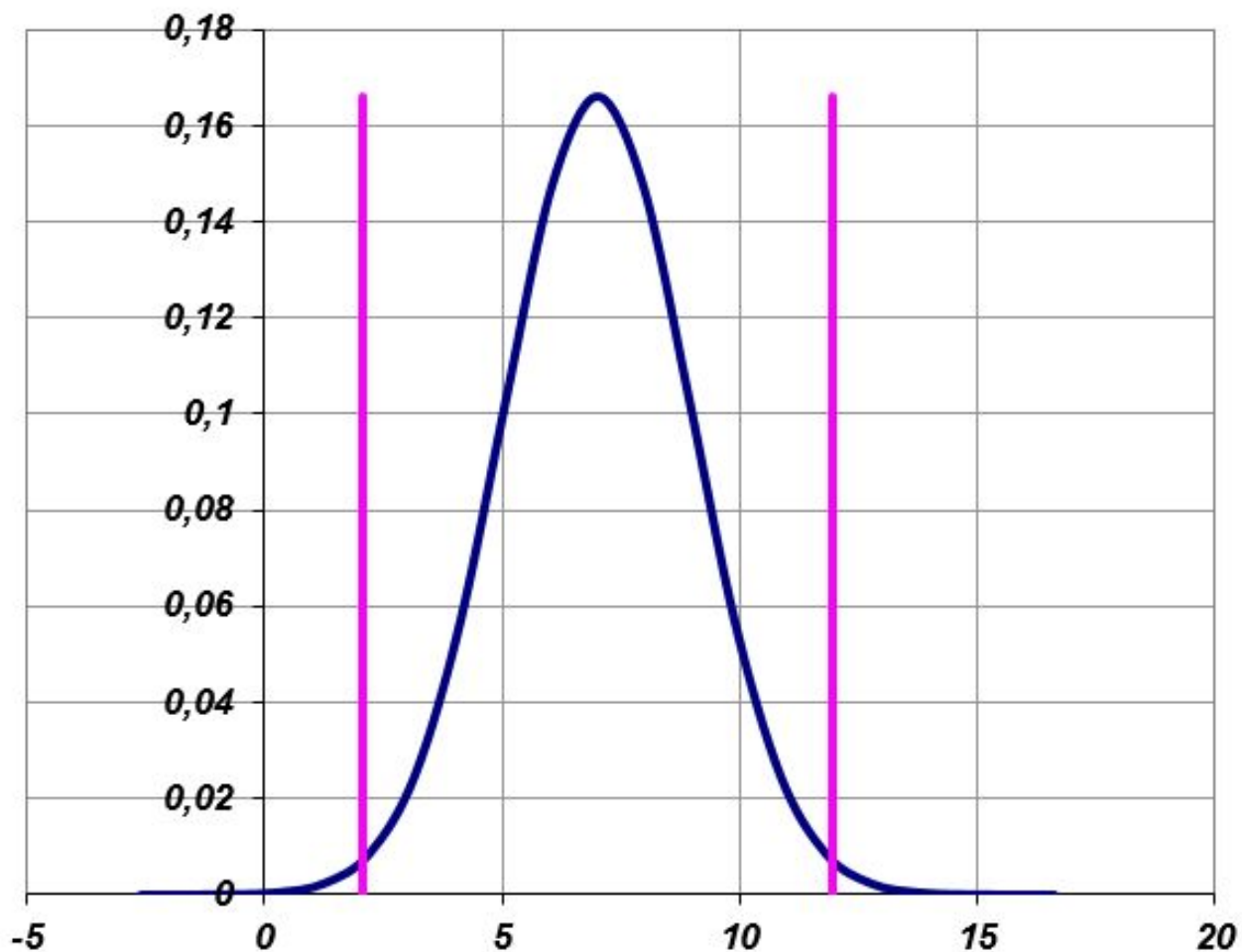
Отсюда окончательные формулы для интервалов будут выглядеть:

- Левый –  $= \text{НОРМОБР}(1 - B2; B7; B8)$ ;
- Центральный –  $= \text{НОРМОБР}((1 - B2) / 2; B7; B8)$ ,  
 $= \text{НОРМОБР}(1 - (1 - B2) / 2; B7; B8)$ ;

# Пример изменения интервалов

[Посмотреть](#)

## Изменение допустимых интервалов



### Параметра случайной величины

Среднее значение

7

Стандартное отклонение

2,4

Вероятность

0,96

Границы интервала:

по середине

Допустимый интервала

от 2,071002614

до 11,92899739

# Построение формул для интервалов

Для построения формул используем текстовую строку "X<=" соединенную со значениями X в зависимости от заданной вероятности и полученных среднего и стандартного отклонения. Для соединения строковых переменных используем & (амперсанд).

Итоговыми формулами для интервалов будут:

- Левый – `=ТЕКСТ(НОРМОБР(1-B2;B7;B8);G12) & "<=X";`
- Центральный –  
`=ТЕКСТ(НОРМОБР((1-B2)/2; B7;B8); G12) & "<=X<=" & ТЕКСТ(НОРМОБР(1-(1-B2)/2; B7;B8); G12);`
- Правый – `="X<=" & ТЕКСТ(НОРМОБР(B2;B7;B8); G12)`

Строим эти формулы в ячейки G7:G9 (адреса: B2 – вероятность; B7 – среднее значение; B8 – стандартное отклонение; G12 – формат вывода), а потом соединим их в

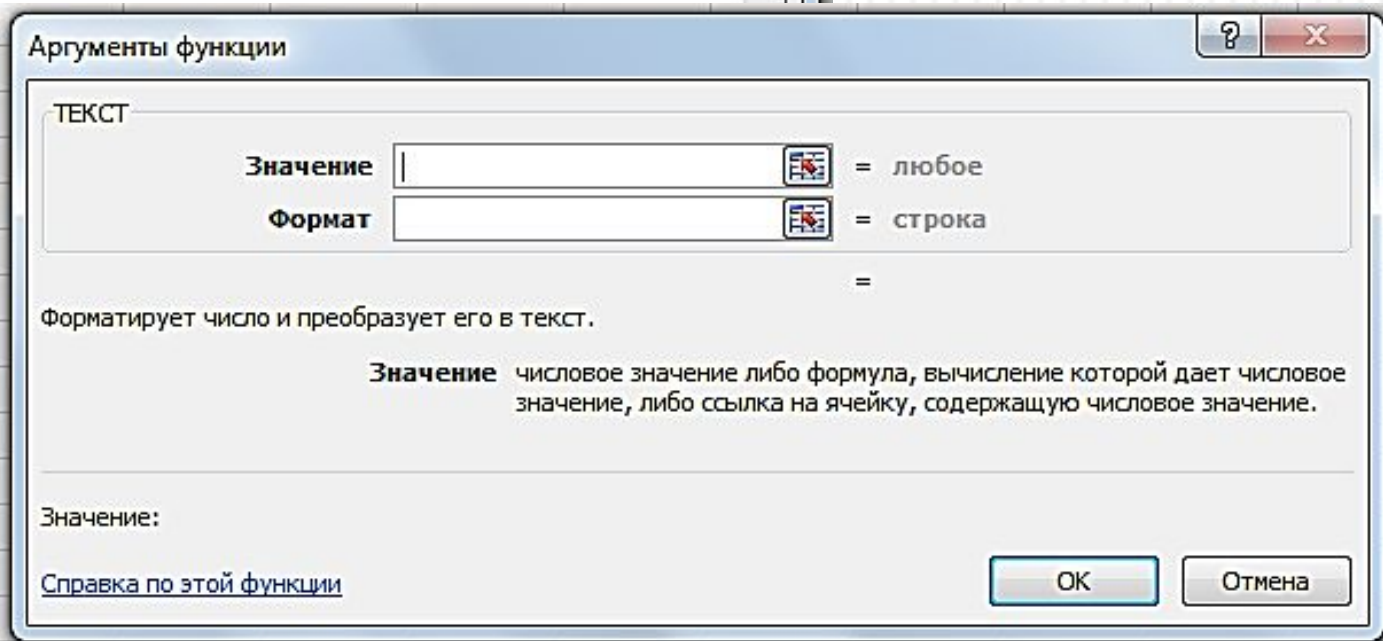
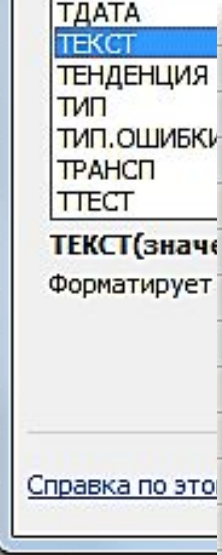
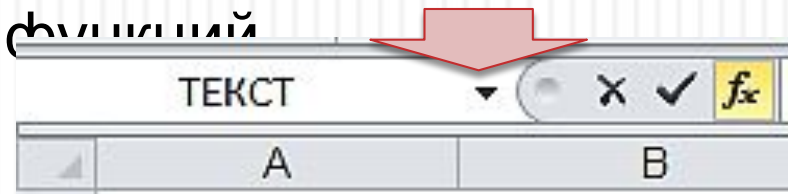
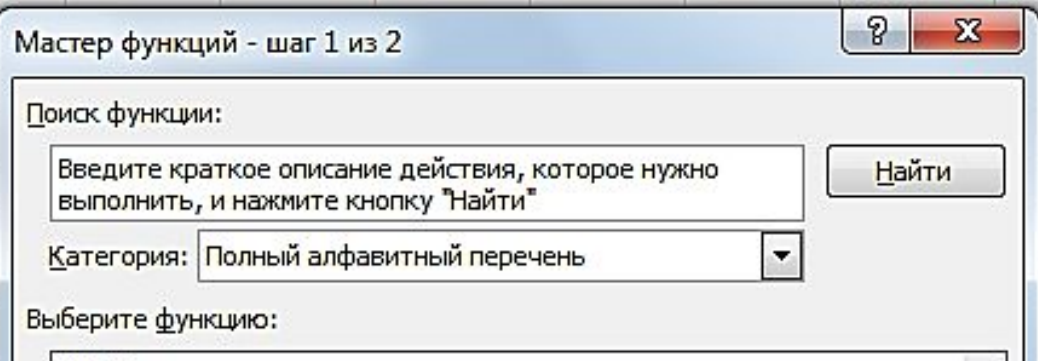


# Создание сложных формул

Рассмотрим порядок построения сложной формулы на примере

ТЕКСТ(НОРМОБР(1-B2;B7;B8);G12) & "<=X"

В первом мастер функций кнопкой **fx** и находим функцию **ТЕКСТ** используем для вызова дополнительных функций



Находим функцию НОРМ.ОБР(), вызываем её щелчком мышки и заполняем

ТЕКСТ    X ✓ fx    =ТЕКСТ()

ТЕКСТ	
ЕСЛИ	
<b>НОРМ.ОБР</b>	
ПОВТОР	
СРЗНАЧ	
СУММ	
НОРМРАСП	
КОРЕНЬ	
СЧЁТ	
СТАНДОТКЛОН	
Другие функции...	

Значение = любое  
Формат = строка  
Преобразует его в текст.

Значение: числовое значение либо формула, вычисляющее значение, либо ссылка на ячейку, содержащая

поля формы необходимыми данными.

Для возврата в поля ТЕКСТ() щелкаем на его имени

ТЕКСТ    X ✓ fx    =ТЕКСТ(НОРМ.ОБР(1-B2;B7;B8))

В    С    ТЕКСТ(значение; формат)

ТЕКСТ    X ✓ fx    =ТЕКСТ(НОРМ.ОБР(1-B2;B7;B8))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Исходные данные											
2	Вероятность	99%										
3	Интервал	1										
4	Значищие цифры	2										
5												
6	Расчетные данные											
7	Ср.значение	46,2										
8	Ст.оклонение	2,387467277										
9	Число испытаний	5										
10												
11	Результаты испытания											
12	Ответ	46,20+/-2,75										
13	Интервал	40,65<=X										
14												
15												
16												
17												
18												
19												

Аргументы функции

НОРМОБР

Вероятность	1-B2	= 0,01
Среднее	B7	= 46,2
Стандартное_откл	B8	= 2,387467277

= 40,64592058

Эта функция оставлена для совместимости с Excel 2007 и более ранних версий. Возвращает обратное нормальное распределение.

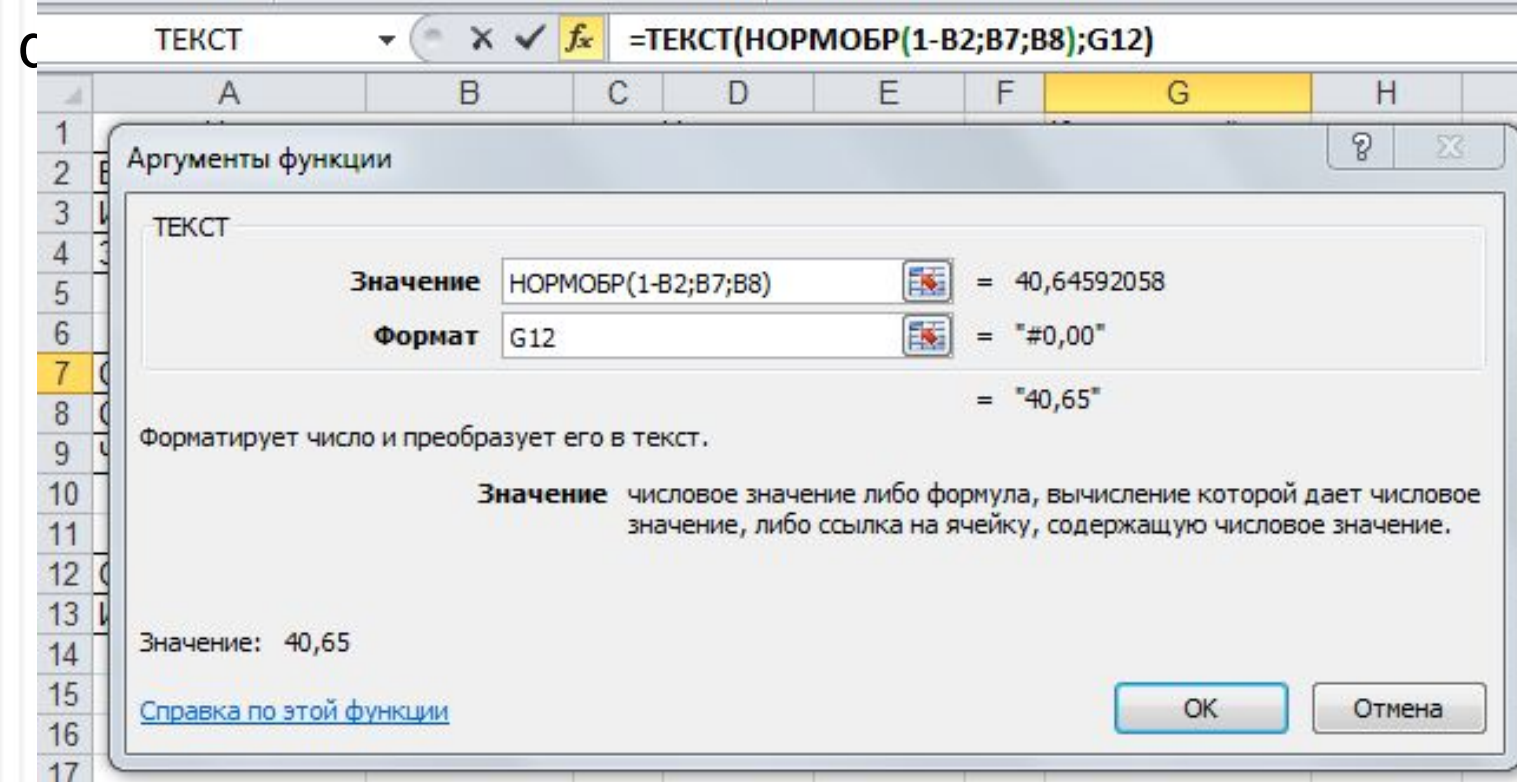
**Вероятность** вероятность, соответствующая нормальному распределению, число в диапазоне от 0 до 1 включительно.

Значение:

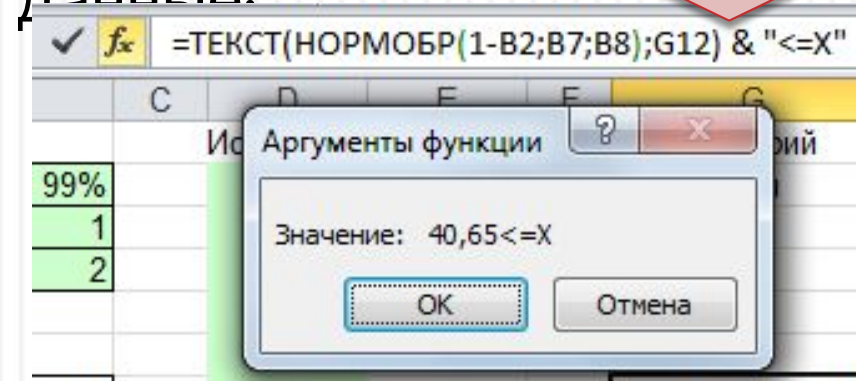
[Справка по этой функции](#)

OK    Отмена

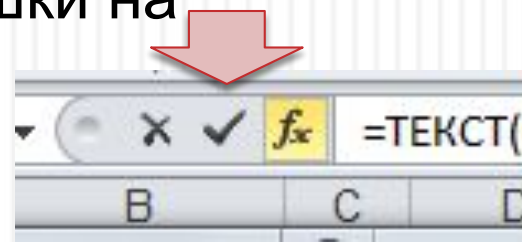
# Заполняем поле Формат функции ТЕКСТ(), G12 – строка



Переходим в строку редактирования и заполняем нужные данные.



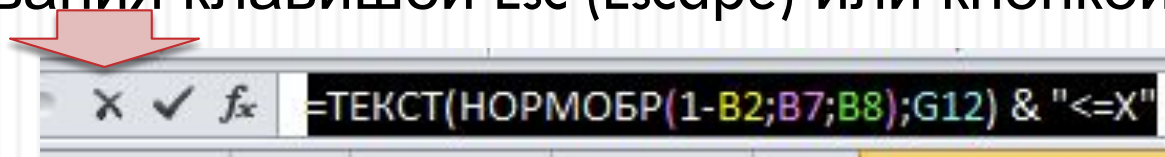
И завершаем ввод формулы клавишей Enter или щелчком мышки на



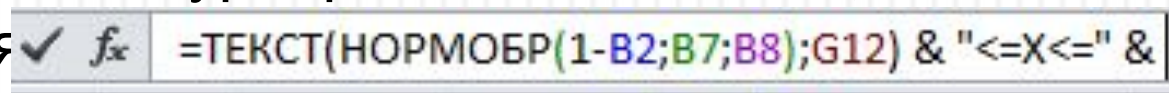


Формулу для центрального интервала можно получить из созданной формулы, добавлением нужной информации:

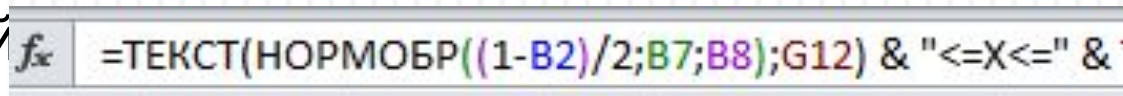
- Копируем текст формулы из ячейки и завершаем операцию редактирования клавишей Esc (Escape) или кнопкой крестик:



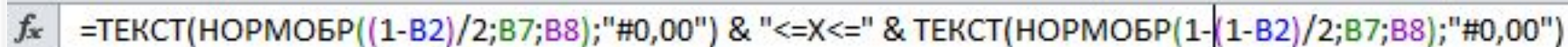
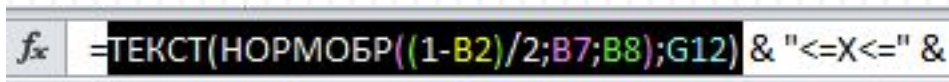
- Переходим в следующую ячейку G8 и вставляем строку текста;
- Перемещаем курсор к X и вводим <=, выходим за кавычки и дополняем



- Вносим изменения в формулу вычисления вероятности прямо в строке редактирования или в окне функции вызвав её кнопкой



- Копируем функцию ТЕКСТ(), переносим в конец строки и исправляем формулы для вероятности:



Формулу для правого интервала можно получить из правой части только что созданной формулы:

- Копируем фрагмент текста формулы из ячейки и завершаем операцию редактирования клавишей Esc (Escape) или кнопкой крестик:

```
f_x =ТЕКСТ(НОРМОБР((1-B2)/2;B7;B8);"#0,00") & "<=X<=" & ТЕКСТ(НОРМОБР(1-(1-B2)/2;B7;B8);"#0,00")
```

- В ячейку G9 вставляем знак = и затем скопированный текст:

```
f_x ="<=X<=" & ТЕКСТ(НОРМОБР(1-(1-B2)/2;B7;B8);"#0,00")
```

- Убираем перед X знаки <= и исправляем формулу вероятности

```
f_x ="X<=" & ТЕКСТ(НОРМОБР(B2;B7;B8);"#0,00")
```

Все наши формулы готовы, строим общую формулу с помощью функции ЕСЛИ(), сначала готовим функцию для выбора числа, соответствующего заданному интервалу:

```
f_x =ЕСЛИ(B3=1;1;ЕСЛИ(B3=2;2;3))
```

Вызываем функцию ЕСЛИ()

Через Мастер функций в ячейку В13 вставляем функцию Если () и заполняем поля формы:

- Лог\_выражение – В3=1 (В3 – адрес вида интервала;
- Значение если истина – 1;
- Значение если ложь – снова вызываем функцию ЕСЛИ() (слева в строке редактирования и вводим данные В3=2, 2, 3

ЕСЛИ

$=\text{ЕСЛИ}(\text{В3}=1;1;\text{ЕСЛИ}(\text{В3}=2;2;3))$

А B C D E F G H I

Аргументы функции

ЕСЛИ

Лог_выражение	<input type="text" value="В3=1"/>	=	ИСТИНА
Значение_если_истина	<input type="text" value="1"/>	=	1
Значение_если_ложь	<input type="text" value="ЕСЛИ(В3=2;2;3)"/>	=	3

= 1

Проверяет, выполняется ли условие, и возвращает одно значение, если оно выполняется, и другое значение, если нет.

**Лог\_выражение** любое значение или выражение, которое при вычислении дает значение ИСТИНА или ЛОЖЬ.

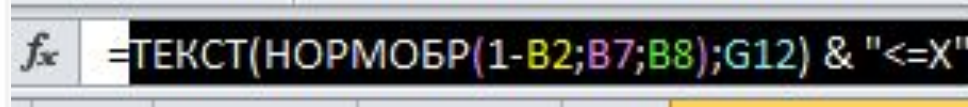
Значение: 1

[Справка по этой функции](#)

OK Отмена

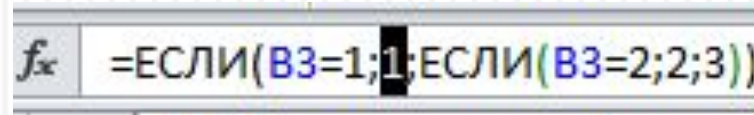
Остается заменить вторые 1 и 2 и последнюю 3 на соответствующие формулы по следующей процедуре:

- Копируем формулу для левого интервала без знака =;



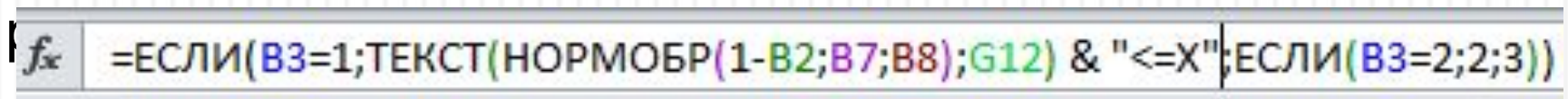
```
=ТЕКСТ(НОРМОБР(1-B2;B7;B8);G12) & "<=X"
```

- Завершаем редактирование (Esc или крестик) и открываем для редактирования формулу с ЕСЛИ() (встаем в ячейку с формулой и нажимаем F2 или щелкаем мышкой в строке редактирования), выделяем вторую 1;



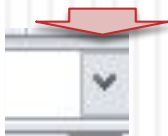
```
=ЕСЛИ(B3=1;1;ЕСЛИ(B3=2;2;3))
```

- Вставляем скопированный текст и завершаем



```
=ЕСЛИ(B3=1;ТЕКСТ(НОРМОБР(1-B2;B7;B8);G12) & "<=X";ЕСЛИ(B3=2;2;3))
```

- Повторяем эти операции для второй и третьей формул, помещая их вместо второй 2 и последней тройка. При вставке третьей формулы надо расширить строку редактирования до нескольких строк с помощью кнопки в правом конце строки редактирования;



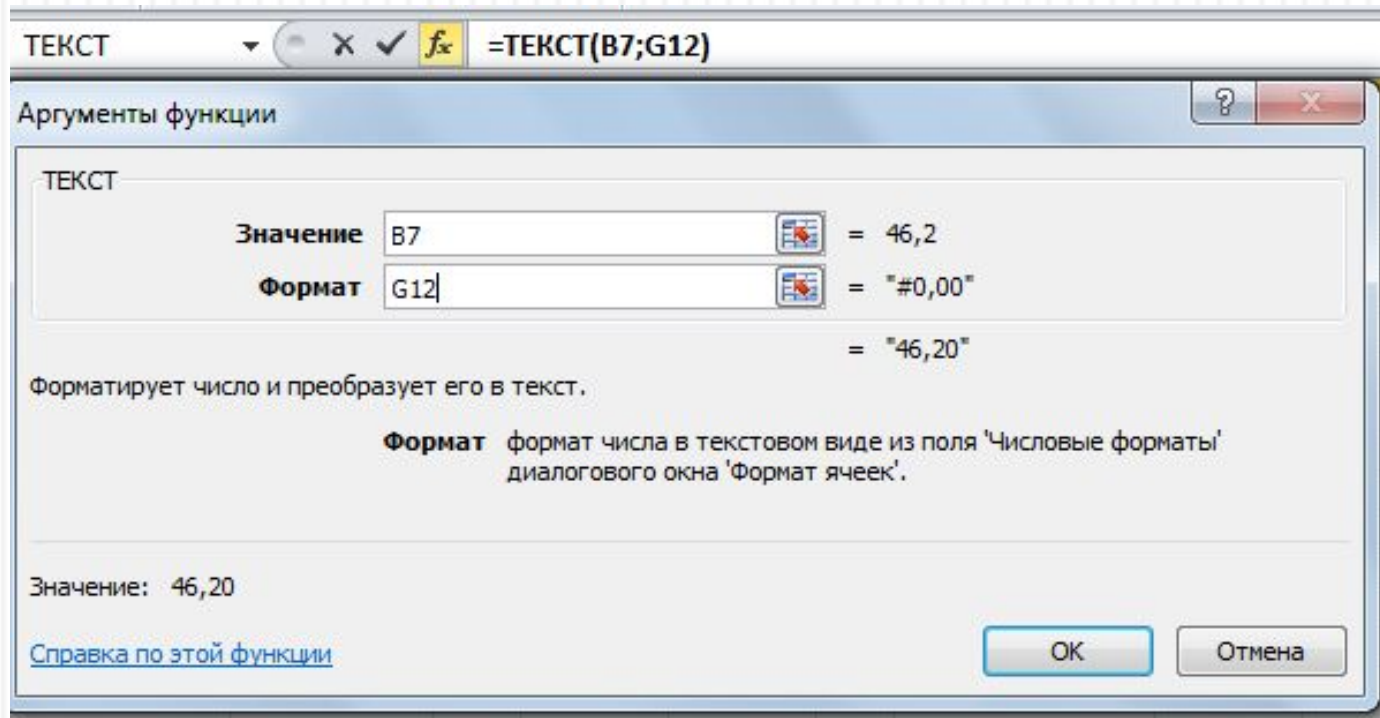


Осталась последняя формула для погрешности среднего, может быть построена из данных центрального интервала:

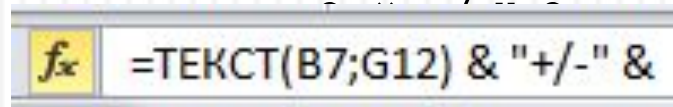
$$\begin{aligned} \Delta x &= (P_{\text{пр}} - P_{\text{лев}}) / 2 / \sqrt{N} = \\ &= ((1 - (1 - P_{\text{зад}}) / 2) - (1 - P_{\text{зад}}) / 2) / 2 / \sqrt{N} = \\ &= (\text{НОРМБР}(1 - (1 - B2) / 2; B7; B8) - \text{НОРМБР} \end{aligned}$$

Рассмотрим порядок построения формулы  $(x_{\text{ср}} \pm \Delta x)$

○ Строим среднее значение в заданном формате:

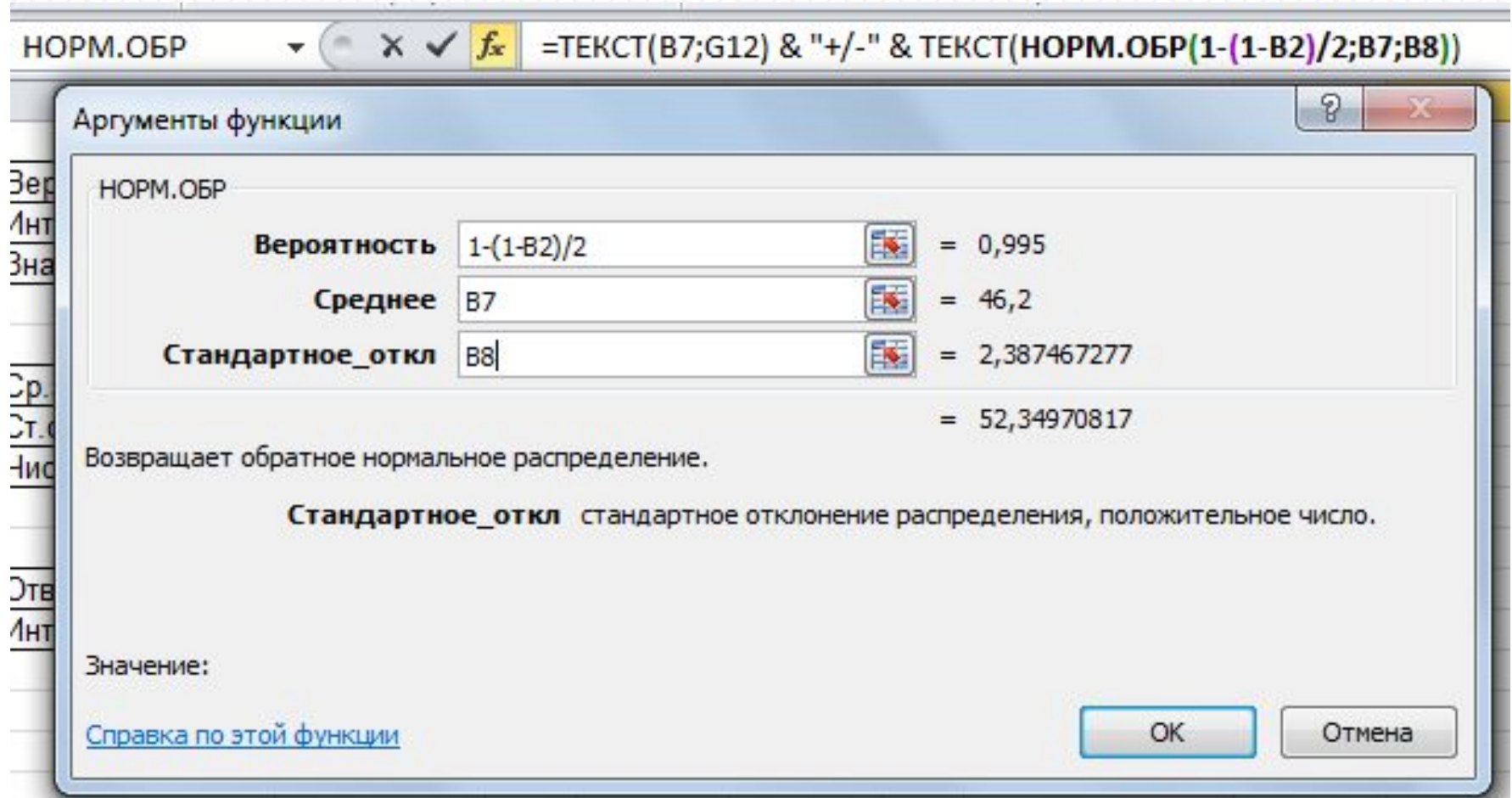


Потом переходим в строку редактирования и дописываем



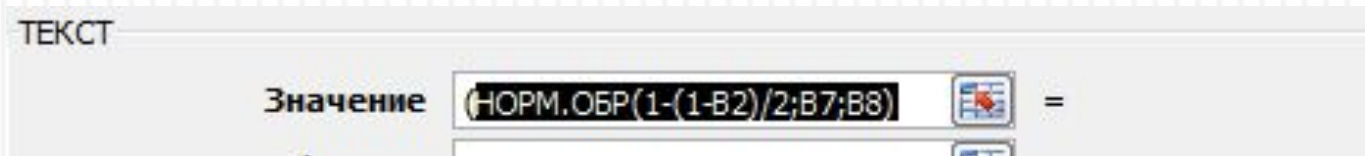


Используя имя последней функции (слева в строке редактирования вызываем ТЕКСТ()), сразу же вызываем НОРМ.ОБР() и заполняем данные для правой границы:

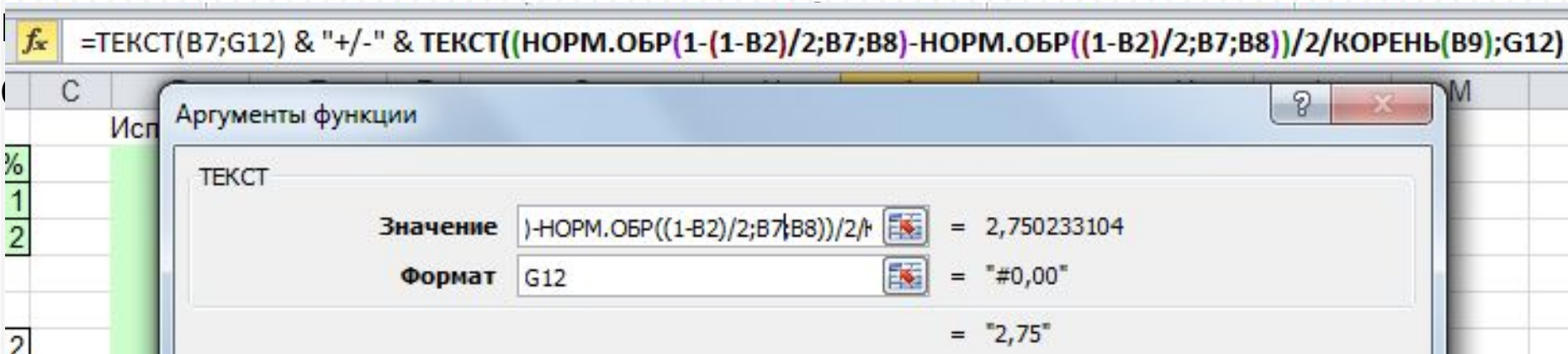


Переходим в окно функции ТЕКСТ() (щелкаем на её имени в формуле и начинаем исправлять поле значения:

В начале поля Значение ставим открывающую скобку ( и потом копируем строку формулы:



Перемещаемся в конец строки клавишей End, ставим знак минус и вставляем скопированный текст, исправляем формулу вероятности (убираем 1-), снова перемещаемся в конец текста (End), закрываем скобку, делим на 2 и делаем на корень из числа испытаний. Корень вызываем через последние вызванные функции и в появившемся окне делаем ссылку на ячейку с числом испытаний, потом снова



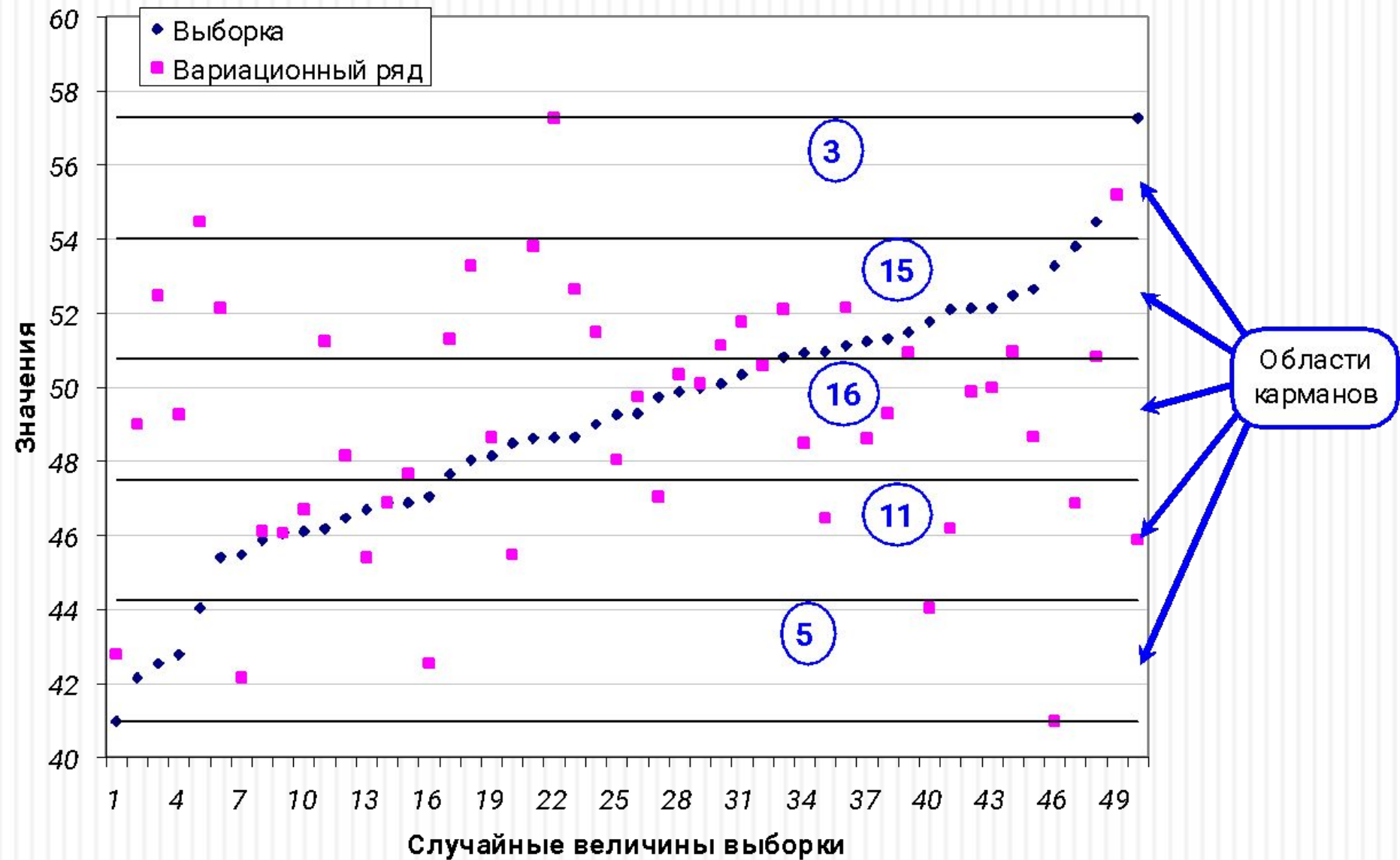
# Пример работы листа MS Excel

Показать

	A	B	C	D	E	F	G
1	Исходные данные		Испытания		Комментарии		
2	Вероятность	95,0%		45	Типы интервалов		
3	Тип интервала	2		46	1	Левый	
4	Знач.цифры	3		45	2	Центральный	
5					3	Правый	
6	Расчетные данные				Формат вывода		
7	Среднее значение	45,33333333			#0,000		
8	Станд.отклонение	0,577350269			Формулы для интервалов		
9	Число испытаний	3			Левый	44,384<=X	
10					Центральный	44,202<=X<=46,465	
11	Отчетные данные				Правый	X<=46,283	
12	Погрешность среднего	45,333+/-0,653					
13	Интервал	44,202<=X<=46,465					
14							

Нас всегда интересует область допустимых значений нашего измерения. Она определяется установленной точностью измеряемых данных, ошибками при косвенных вычислениях и другими погрешностями, связанными с самой методикой измерений. Используя интервальные оценки можно хорошо видеть наши интервалы.

Проведя, серию измерений можно выполнить поиск случайных ошибок среди выполненных измерений, сравнивая средние значения и стандартные отклонения выборок, которые отличаются друг от друга одним выброшенным измерением, сначала самым большим, потом самым маленьким и т.д. пока сравниваемые параметры не окажутся отличными друг от друга.





В таблице показаны статистические параметры выборок, у которых выполнили отбраковку данных

	Ст олбец1	Ст олбец1	Ст олбец1	Ст олбец1	Ст олбец1	Ст олбец1
Среднее	49,05855	49,22353	48,89111	49,05604	49,16102	49,16823
Стандартная ошибка	0,488505	0,469285	0,468375	0,447607	0,348723	0,34101
Медиана	49,26937	49,27964	49,2591	49,26937	49,26937	49,26937
Мода	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
Стандартное отклонение	3,454254	3,284997	3,278625	3,101111	2,205519	2,10213
Дисперсия выборки	11,93187	10,7912	10,74939	9,616891	4,864313	4,41895
Эксцесс	0,005626	-0,062102	-0,200935	-0,343403	-1,229143	-1,222384
Асимметричность	-0,201343	-0,072704	-0,421084	-0,305953	-0,159575	-0,172632
Интервал	16,28865	15,10765	14,21818	13,03718	7,234307	7,002782
Минимум	40,97461	42,15561	40,97461	42,15561	45,40697	45,47551
Максимум	57,26326	57,26326	55,19279	55,19279	52,64128	52,47829
Сумма	2452,928	2411,953	2395,664	2354,69	1966,441	1868,393
Счет	50	49	49	48	40	38

## Анализ данных

### Инструменты анализа

- Гистограмма
- Скользящее среднее
- Генерация случайных чисел
- Ранг и перцентиль
- Регрессия
- Выборка
- Парный двухвыборочный t-тест для средних**
- Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями
- Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями
- Двухвыборочный z-тест для

OK

Отмена

Справка

## Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями

### Входные данные

Интервал переменной 1:

Интервал переменной 2:

Гипотетическая средняя разность:

Метки

Альфа: 0,05

### Параметры вывода

Выходной интервал:

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга

OK

Отмена

Справка

Оценка дисперсий на их различие для заданного уровня надежности

Анализ данных

Инструменты анализа

Гистограмма  
Скользящее среднее  
Генерация случайных чисел  
Ранг и перцентиль  
Регрессия  
Выборка  
Парный двухвыборочный t-тест для средних  
Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями  
Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями  
Двухвыборочный z-тест для средних

OK

Отмена

Справка

Двухвыборочный z-тест для средних

Входные данные

Интервал переменной 1:

Интервал переменной 2:

Гипотетическая средняя разность:

Дисперсия переменной 1 (известная):

Дисперсия переменной 2 (известная):

Метки

Альфа: 0,05

Параметры вывода

Выходной интервал:

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга

OK

Отмена

Справка

Оценка  
равенства  
средних  
значений для  
заданного  
уровня  
надежности



# Проверка статистических гипотез

<b>Результат</b>	<b>Истина</b>	<b>Ложь</b>
<b>Решение</b>		
<b>Истина</b>	<b>Результат принят</b>	<b>Результат принят</b> <b>Ошибка 2 рода</b>
<b>Ложь</b>	<b>Результат отвергнут</b> <b>Ошибка 1 рода</b>	<b>Результат отвергнут</b>