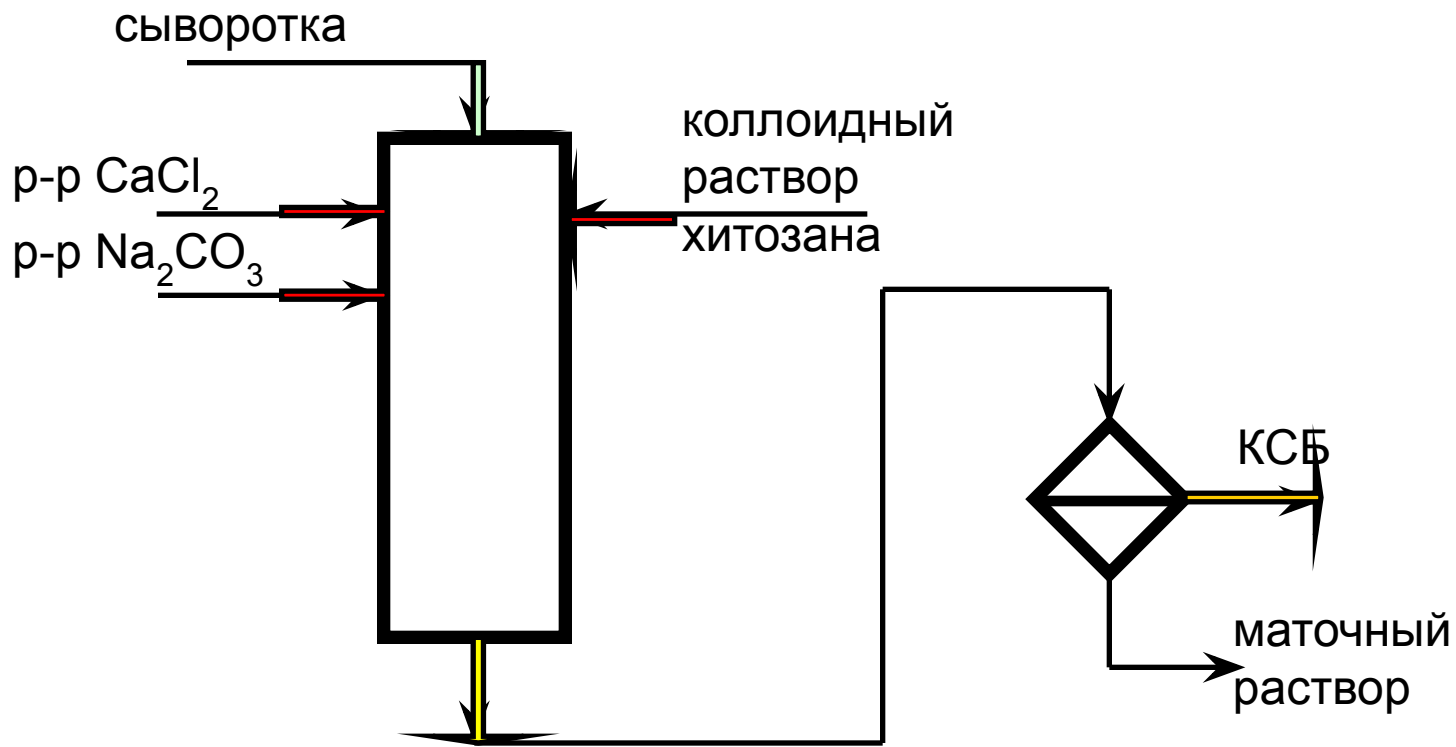


# Экспериментально-статистические методы исследования



Одной из областей деятельности инженера химика-технолога, требующей высокой квалификации, теоретической и методической подготовки, является развитие, совершенствование химико-технологического процесса (ХТП)



- $X_1 \dots X_M$  – контролируемые, регулируемые входные параметры - **основное средство управления и оптимизации объекта;**
- $K_1 \dots K_L$  - контролируемые, но не регулируемые входные параметры
- $Z_1 \dots Z_R$  - не регулируемые и не контролируемые параметры
- $Y_1 \dots Y_N$  – выходные параметры, характеризующие функционирование объекта –ТП, определяются законами функционирования объекта и набором входных переменных.

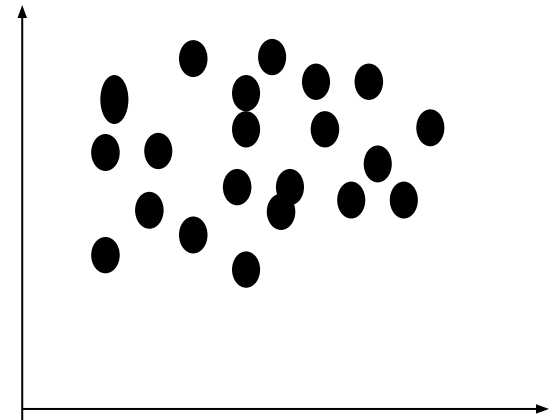
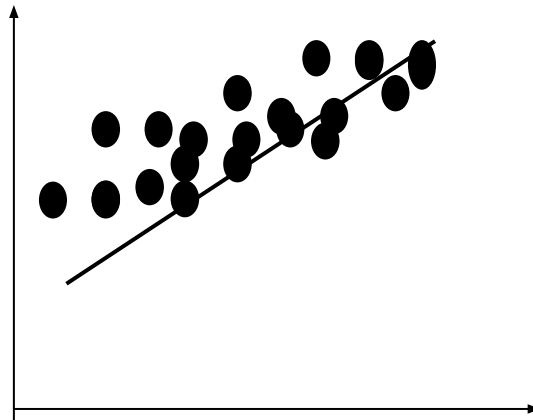
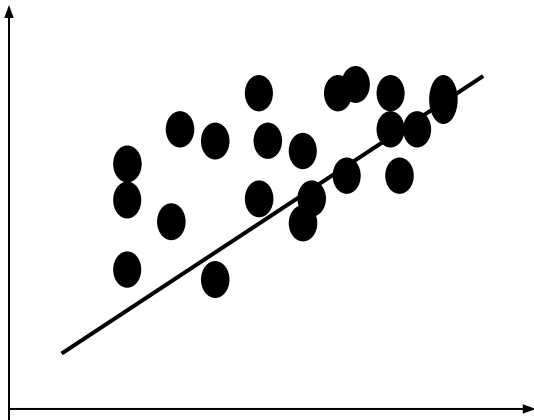


**Задача** исследователя сводится к анализу связи  $Y$  и  $(X, Z, K)$  или чаще всего  $Y$  и  $(X, K)$ .

Основными **результатами анализа** являются:

- Сформированные уравнения связи (расчетные, проектные уравнения)  **$Y = f(X, K)$** ;
- Набор констант (параметров) уравнений связи;
- Алгоритмы решения этих уравнений 4

# Корреляционный анализ



# Корреляционный анализ

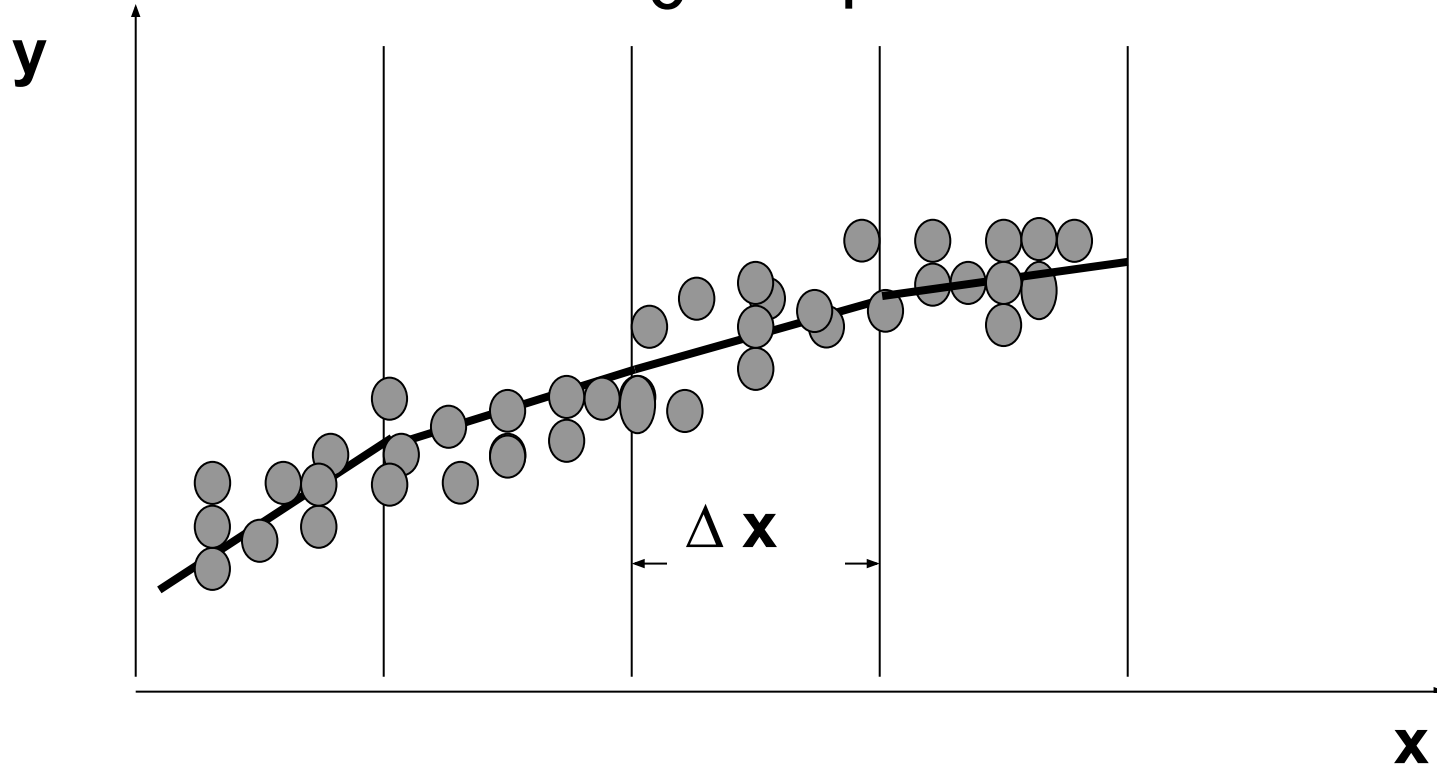
## Коэффициент парной корреляции

$$r_{xy} = \frac{n^* \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i * \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left( n^* \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left( n^* \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right)}}$$

- 1)  $r_{xy} = 0$  - отсутствие корреляционной связи между  $x$  и  $y$ ;
- 2)  $r_{xy} = 1$  - строгая положительная детерминистическая связь;
- 3)  $r_{xy} = -1$  строгая отрицательная детерминистическая связь
- 4)  $0 < |r_{xy}| < 1$

# Регрессионный анализ

$$Y = a_0 + a_1 * X$$



Эмпирическая линия регрессии для определения вида зависимости  $Y=f(X)$

# Виды однофакторных регрессионных моделей и расчет коэффициентов регрессии

Линейная

$$y = a_0 + a_1 x$$

$$a_1 = \frac{\sum x_i \sum y_i - n \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2};$$

$$a_0 = \frac{1}{n} (\sum y_i - a_1 \sum x_i)$$

Гиперболическая

$$y = a_0 + \frac{a_1}{x}$$

$$a_1 = \frac{n \sum \frac{y_i}{x_i} - \sum \frac{1}{x_i} \sum y_i}{n \sum \frac{1}{x_i^2} - \left(\sum \frac{1}{x_i}\right)^2};$$

$$a_0 = \frac{1}{n} \left( \sum y_i - a_1 \sum \frac{1}{x_i} \right)$$

Степенная

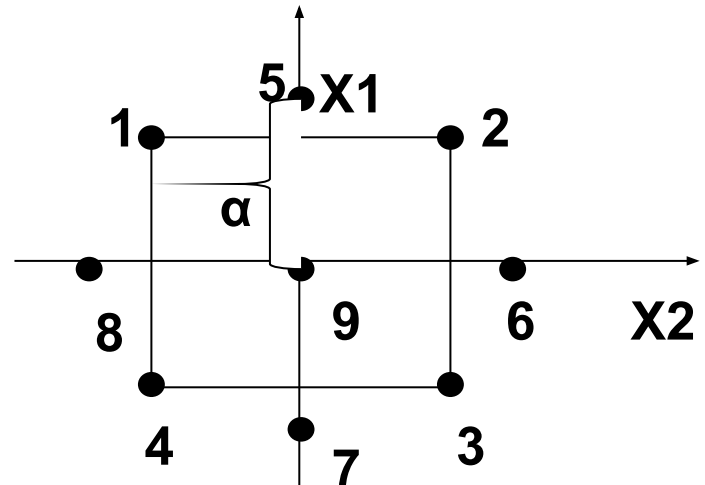
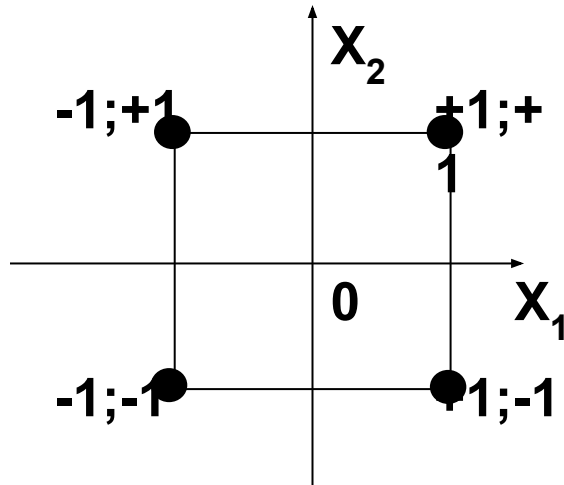
$$y = a_0 x^{a_1}$$

$$a_1 = \frac{\sum \ln x_i \sum \ln y_i - n \sum \ln x_i \ln y_i}{(\sum \ln x_i)^2 - n \sum (\ln x_i)^2};$$

$$a_0 = \exp \left[ \frac{1}{n} \left( \sum \ln y_i - a_1 \sum \ln x_i \right) \right]$$



# Планы активного эксперимента 1-го и 2-го порядка



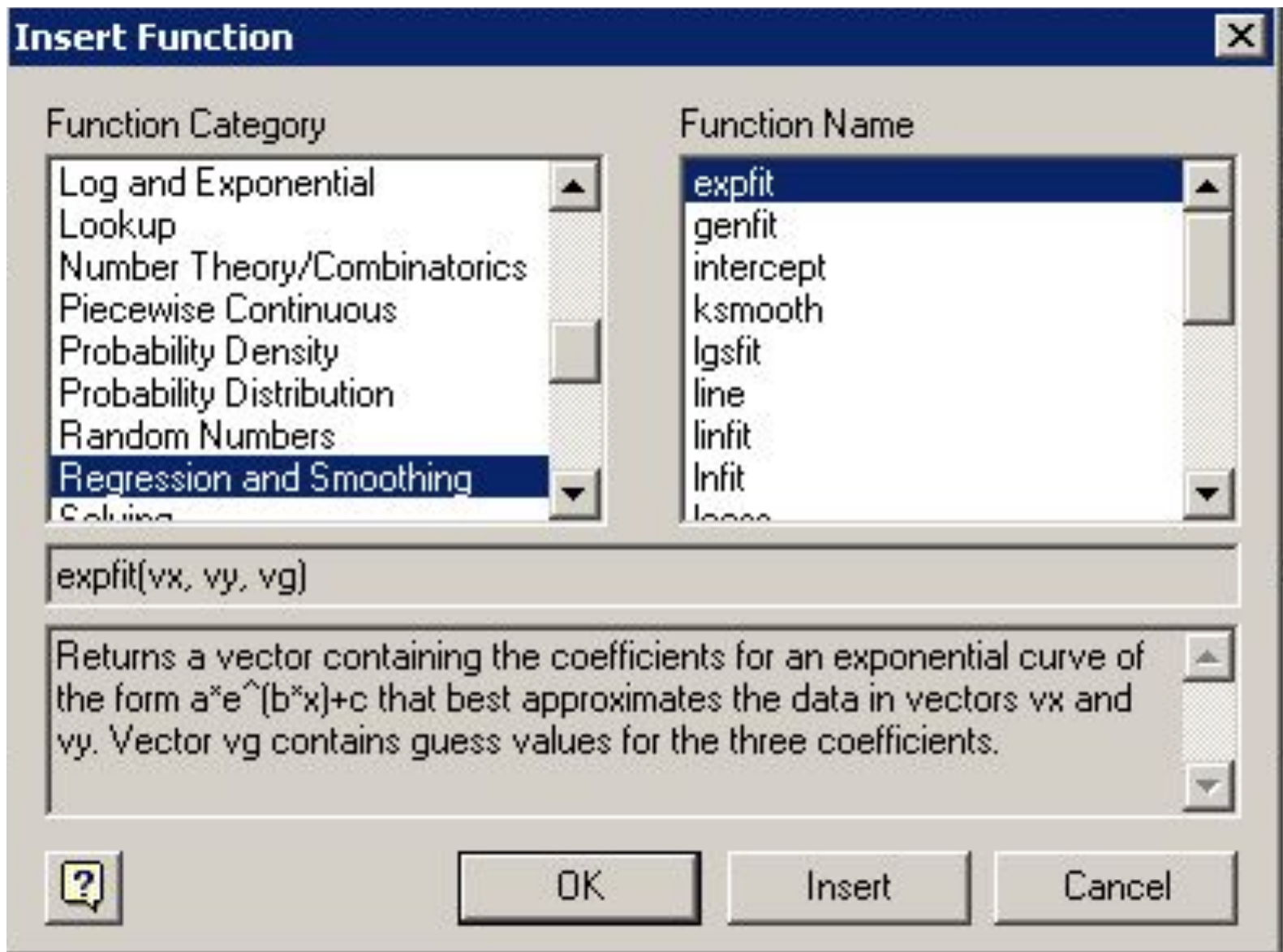
## Модель 1-го порядка

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot X_i + \sum_{i=2, j=i-1}^n b_{ji} \cdot X_j \cdot X_i$$

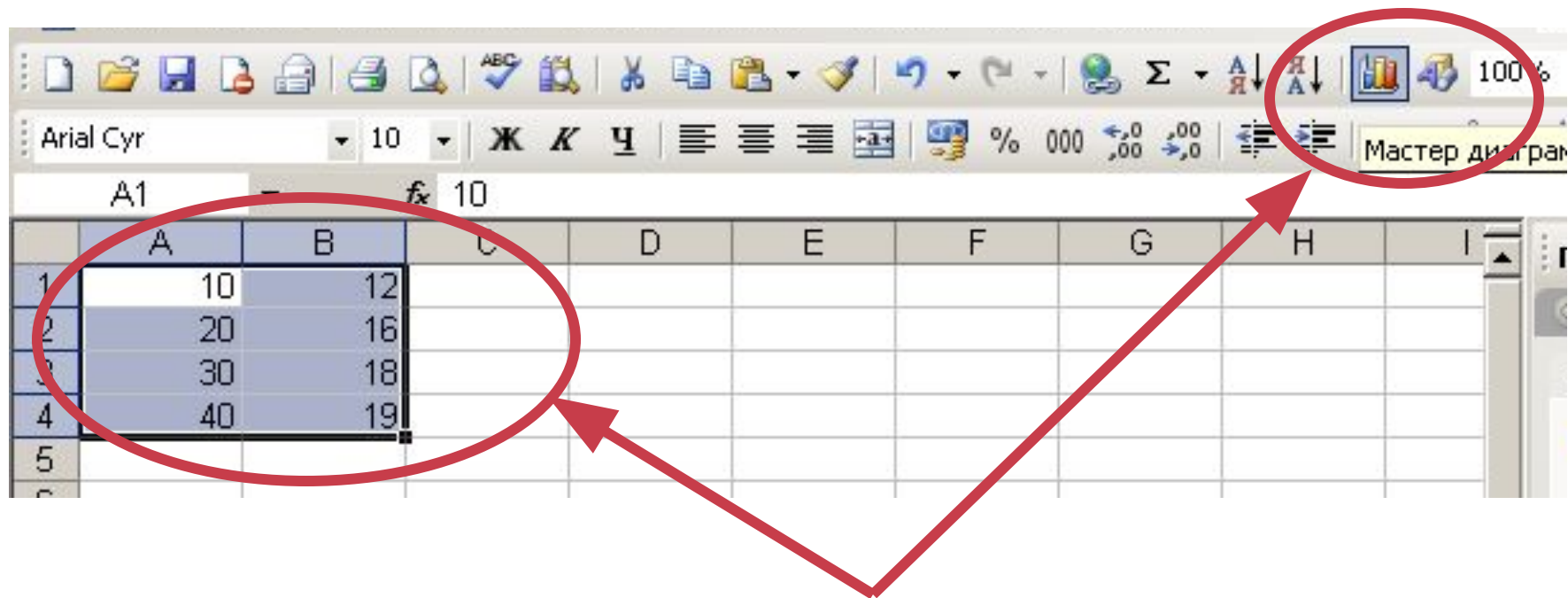
## Модель 2-го порядка

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i + \sum_{j,i=1}^n b_{ij} * x_i * x_j + \sum_{\vartheta=1}^n b_{ii} * x_i^2$$

# Реализация регрессии в MathCAD

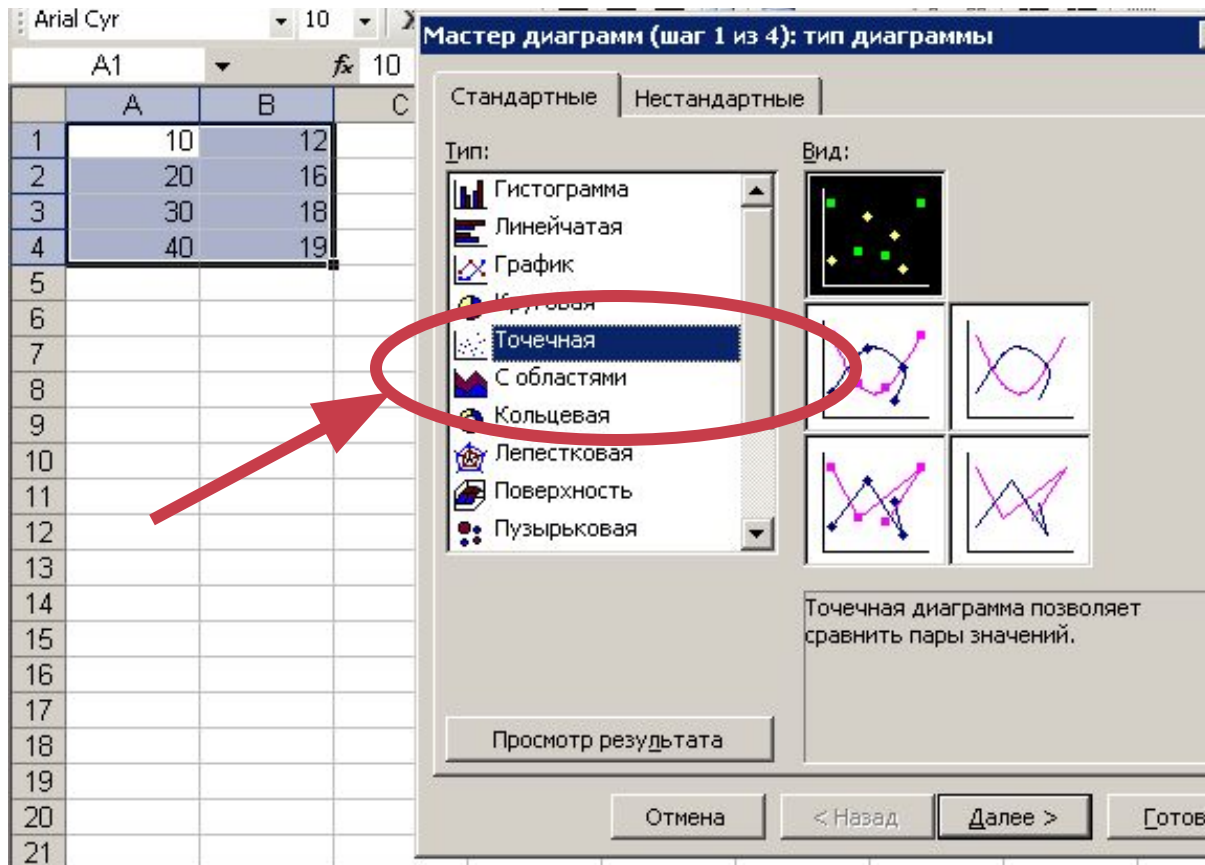


# Реализация однофакторной регрессии в Excel



**Шаг 1 – Внесение экспериментальных данных**

# Реализация однофакторной регрессии в Excel

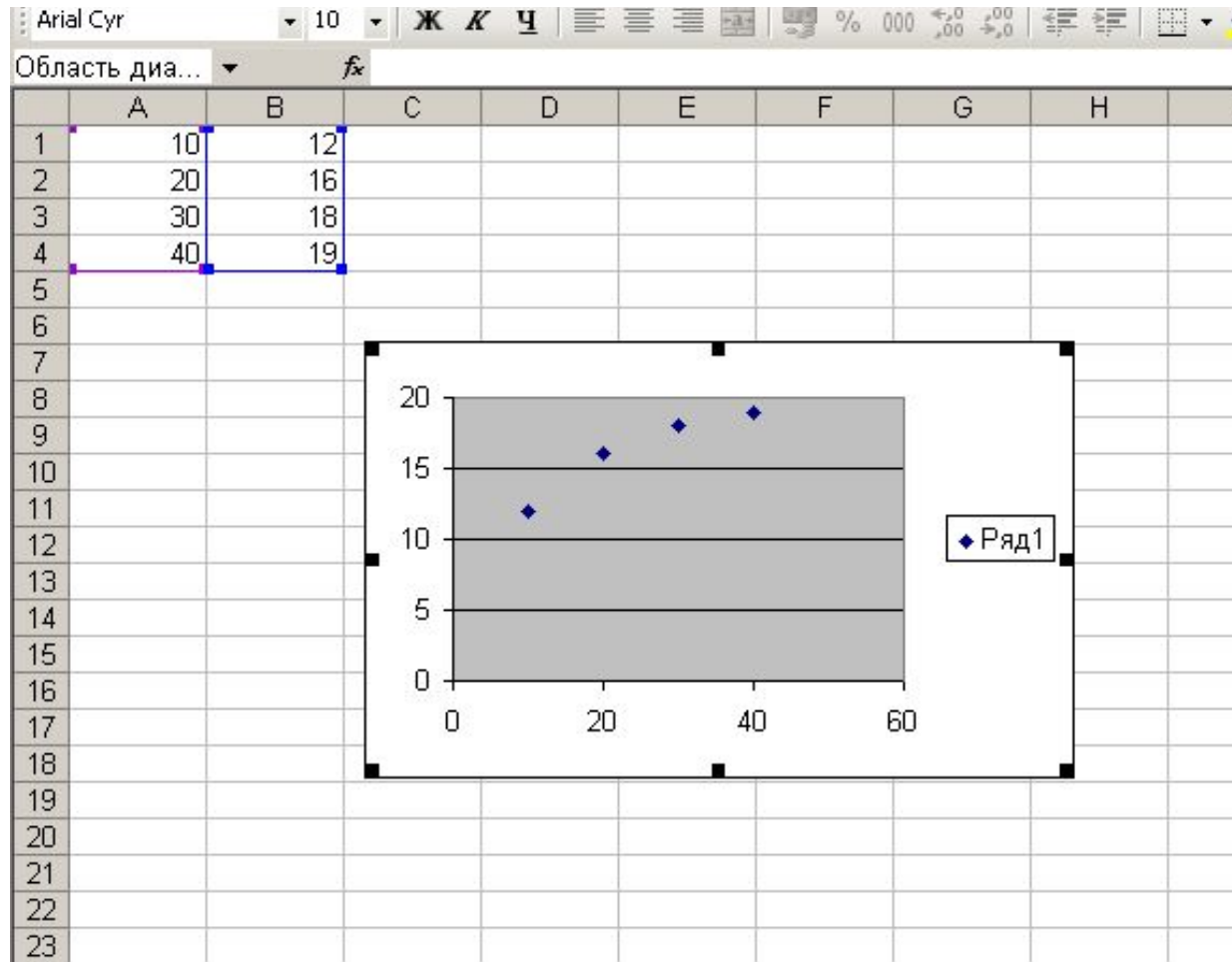


The screenshot shows the 'Master Chart Wizard' dialog box in Excel, titled 'Мастер диаграмм (шаг 1 из 4): тип диаграммы'. The dialog is open over a spreadsheet with data in columns A and B. The 'Тип:' (Type) list on the left has 'Точечная' (Scatter) selected and circled in red. A red arrow points from the spreadsheet area towards the 'Точечная' option. The 'Вид:' (View) section on the right shows a preview of a scatter plot with data points and a trendline. Below the preview, there is a text box that reads: 'Точечная диаграмма позволяет сравнить пары значений.' (A scatter chart allows you to compare pairs of values.) At the bottom of the dialog, there are buttons for 'Отмена' (Cancel), '< Назад' (Back), 'Далее >' (Next), and 'Готов' (Finish).

	A	B
1	10	12
2	20	16
3	30	18
4	40	19

**Шаг 2 – Выбор типа графика**

# Реализация однофакторной регрессии в Excel



# Реализация однофакторной регрессии в Excel

Шаг 3 –  
Выбор  
линии  
регрессии

Microsoft Excel - Книга1

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Диаграмма Окно Справка

Ряд 1

	А	В
1	10	12
2	20	16
3	30	18
4	40	19

Линия тренда

Тип Параметры

Построение линии тренда (аппроксимация и сглаживание)

Линейная

Логарифмическая

Полиномиальная

Степень: 2

Степенная

Экспоненциальная

Линейная фильтрация

Точки: 2

Построен на ряде:

Ряд1

# Реализация однофакторной регрессии в Excel

Вид Тип **Параметры**

Название аппроксимирующей (сглаженной) кривой

автоматическое: Логарифмический (Ряд1)

другое: \_\_\_\_\_

Прогноз

вперед на: 0 единиц

назад на: 0 единиц

пересечение кривой с осью Y в точке: 0

показывать уравнение на диаграмме

поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ )

Ряд	А	В
1	10	12
2	20	16
3	30	18
4	40	19
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		

# Реализация однофакторной регрессии в Excel

