

МГУ им. М.В. Ломоносова кафедра общей физики Практикум ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНИКУ ЭКСПЕРИМЕНТА

Графическое оформление результатов эксперимента

Построение графика в прямоугольной системе координат



Ананьева Н.Г.

Результаты эксперимента (а лабораторные работы – ваши первые эксперименты – учебные) принято оформлять в виде таблиц и графиков (диаграмм). График – наглядное представление результатов, поэтому основное требование к ним – аккуратное и четкое исполнение. Графики должны легко читаться, для этого необходимо соблюдать общие правила, изложенные ниже. При построении графиков есть правила, обязательные для исполнения (иначе график будет воспринят неверно – такая работа не принимается), и правила, носящие рекомендательный характер (снижается отметка). Обязательные для исполнения правила будут отмечены жирной чертой слева.

Первое обязательное правило при оформлении графика:



Для построения графиков используются координатные оси или сетка в следующем виде:





координатная сетка (можно с дополнительными штрихами)

Координатные штрихи направлены в область, где будет построен график, с другой стороны будут нанесены координатные числа.

Для работы с графиками удобнее использовать координатную сетку: она очень помогает, когда точки расположены далеко от осей. Миллиметровая бумага – готовая координатная сетка – поэтому ее и будем использовать. Тем не менее, и на миллиметровой бумаге удобно чертить координатную сетку. При построении графиков на компьютере координатная сетка обязательна.



Оси могут начинаться не с «0». Если обе оси начинаются с нуля, «0» ставится только один раз.

Если на графике есть и положительные и отрицательные значения, ось обязательно проходит через «0». Подписывать числовые значения шкалы можно или рядом с осью или, чтобы не загромождать чертеж, по левой (или нижней) границе сетки.

Работу надо не только правильно выполнить, но и уметь представить результаты. Поэтому желательно придерживаться и таких рекомендаций:

- прямые проводите по линейке, всю работу выполняйте аккуратно.
- Весь график, в том числе и подписи, выполняйте карандашом.
- Соблюдайте толщину линий чем значимее информация, тем толще линия:

если толщина <u>оси</u> - **S** (0,3 - 0,5 мм),

координатная сетка и штрихи - S/2 -S/3,

<u>кривая</u> <u>функциональной зависимости</u> - 2S (для обеспечения требуемой точности отсчета допускается выполнять линии большей или меньшей толщины).

Экспериментальные точки - 4S.

 Все надписи должны быть достаточно крупными – 4-5 мм, легко читаемыми – выполненные чертежным шрифтом (печатными буквами).

В конечном итоге график должен быть ярким и контрастным (но не грязным).

Выбор и нанесение масштаба.

На листе миллиметровой бумаги, на котором строим график, должно быть:

- 1. Оси и подписи по осям (оси и подписи к ним займут примерно по одному сантиметру).
- <u>Сам график все точки, с</u> указанием погрешностей – должны поместиться в область, определенную осями.
- 3. Подпись к графику.
- 4. <u>Поля (1 5 см)</u>.

Графики к лабораторным работам желательно строить на листе бумаги, формата A4 (210-297 мм – лист писчей бумаги) или A5 (половина этого листа). Лист должен быть максимально заполнен, но все должно поместиться, и остаться поля – в соответствии с этим выбираем масштаб.



Виды масштабов:







Ось - ваша рабочая линейка. По ней должно быть удобно считывать значения. На осях обычно делают 5 – 10 рисок, рядом с рисками наносят их числовые значения. Измеренные значения на шкалы не наносят.



Масштаб выбирают удобным для считывания, <u>он сохраняется на всей оси.</u> Обычно выбирают числа, кратные 10 (1), 2, 5, по возможности целые. Числа, кратные 4, 6, 8, 12,..., не используют в качестве масштабных отрезков! <u>На</u> <u>миллиметровой бумаге за координатный отрезок</u> выбираем такой отрезок, чтобы считать значения можно было без дополнительных расчетов :<u>1; 2; 5</u> <u>см (допускается 2,5 см)</u>.

Примеры распространенных ошибок при выборе масштабов:

Слишком частые или редкие деления затрудняют восприятие:





На осях должны быть обозначены изображаемые переменные величины и их единицы измерения. Их принято обозначать:

1. <u>Символом</u> (*R, C, U*).

Символ можно поставить:

в конце шкалы; единицы измерения обозначить сразу после символа через запятую;

<u>в центре шкалы перед</u> <u>стрелкой</u>. Стрелки на осях ставить не надо. Единицы измерения наносят между последним и предпо-<u>следним</u> значением шкалы (или, если обозначение не помещается, <u>вместо пред-</u> <u>последнего</u> деления).



5

2. <u>Математическим выражением (sin(wt)</u>, I/Imax) - по центру шкалы.



Обозначения в виде символов и математических выражений следует располагать *горизонтально*.

3. Наименованием или наименованием и символом, то 25 есть непосредственно напи-20 сать словами, что отложено сила тока, мА по осям. Единицы измере-15 ния пишут после наименова-10 ния, через запятую. 5 Располагают надпись вдоль 0 5 2 3 4 оси, по центру. 1 напряжение, В

По разным осям можно использовать различные обозначения

Нанесение экспериментальных точек.

Экспериментальные точки являются главным содержанием графика, поэтому они должны быть показаны максимально четко и крупно. Если на графике показаны несколько наборов точек, соответствующим разным величинам или разным условиям эксперимента, каждый набор нужно показать своими символами (кружки, крестики, квадраты, треугольники и т.д.). Погрешности измерения каждой точки указываются отрезками, длина которых равна величине ошибки в выбранном Вами масштабе.



Например, на рисунке нанесена точка: $U = 9 \pm 2$ B, $R = 6,0 \pm 0,7$ Ом.

Построение линии функциональной зависимости по экспериментальным точкам.

Поскольку измерения были проведены с погрешностями, то нельзя соединять отрезками нанесенные точки или проводить кривую точно по точкам: надо провести плавную кривую (наиболее простой формы) в пределах ошибок измерений. При этом придерживаются следующих правил:

1. Если известна теоретическая зависимость – построить ее на графике (провести аналогичную кривую через экспериментальные точки). В подписи к графику обязательно укажите, что кривая – это теоретическая зависимость (указать, какая).

2. Если теоретическая зависимость не известна, кривая должна быть как можно более простой (как можно меньше минимумов и максимумов, перегибов). Если возможно – проведите прямую (прямая – самая простая кривая). Каждый максимум и минимум на кривой, и даже каждый ее перегиб - это целое физическое явление (и каждое это явление вам придется объяснить).

Пример построения графика

Таблица 1. Вольтамперная характеристика резистора R3.

N	U <i>,</i> B	ΔU, Β	I <i>,</i> мА	ΔΙ, мА
1	0	0,2	0	0,1
2	5	0,2	2,3	0,1
3	8	0,2	4,1	0,5
4	10	0,4	4,3	0,5
5	12	0,4	5,5	0,5
6	14	0,4	6,2	0,5
7	16	0,4	7,2	0,5

- 1. Определяем масштаб и размер графика, строим оси:
- Ось X: напряжение U изменяется от 0 до 16 В: «удобные», «круглые» числа для оси выбираем от 0 до 20, сетка через 5 В. На листе миллиметровой бумаги удобно взять за 5В 2,5см (или 5см).



4. Подписываем график.



Окончательный вид выполненного графика:

Практическое задание.

По полученному на занятии варианту задания построить график на листе миллиметровой бумаги формата А4, расположенном вертикально.

Масштаб следует выбирать так, чтобы кривые не были слишком растянуты по одной из осей, поэтому область построения графика должна быть примерно квадратная. **График подписывают обычно снизу** (посмотрите примеры в журнале, книге) – на это требуется некоторое место. Поэтому вертикальное положение листа – стандартное (но не обязательное). В данном задании вертикальное положение листа обязательно!

Масштаб выбирают удобный для считывания по осям, так, чтобы все точки с учетом погрешностей помещались в область, определенную осями.

В некоторых случаях, определенных постановкой задачи, допускается не наносить на граничные точки погрешности полностью. Например: доля отраженной энергии при отражении света от стекла 100 <u>+</u> 2 %. Более 100 % света отразиться не может. Поэтому эту точку можем нанести на границу области графика и указать ошибку только «-».

Масштаб выбирают так, чтобы была использована максимальная площадь листа, но требование удобства считывания – главное!!!

Разрывы по осям не использовать! Разрыв оси искажает вид графика: теряется самое ценное – наглядность представления. Поэтому разрывы используют только там, где это действительно необходимо. Все варианты данного задания выполняются без разрывов осей!

Если в данных, по которым строиться график, <u>есть положительные и отрица-</u> <u>тельные значения, ось проходит только через «0»!</u> Подписать масштабные деления можно рядом с осью или, чтобы не загромождать график, внизу (слева) сетки. Если все данные одного знака, ось может начинаться не с «0», а с «удобного» значения (чтобы не было больших пустых мест).

Весь график, в том числе и подписи, выполняйте карандашом. Ваш первый график рекомендуем выполнить тонкими линиями, показать преподавателю, обсудить, исправить ошибки, если они есть. После этого обвести ярко по всем правилам.

В подписи к графику, кроме самой подписи (зависимость ... при таких-то условиях), напишите № варианта, свою фамилию, № группы.

Приложение.

1. Полярная система координат.

Полярные координаты точки А на плоскости – это два числа, определяющие ее положение относительно полюса «0» и фиксированного луча, исходящего из полюса, – полярной оси. Полярная ось ОХ (начало отсчета углов) должна находиться на горизонтальной или вертикальной линии (чаще всего за начало отсчета углов берут положительное направление оси Х прямоугольной системы координат).

Положительное направление **УГЛОВЫХ** соответствует вращению координат часовой стрелки. Первая против полярная координата – полярный радиус - расстояние от этой точки до полюса -R. Вторая полярная координата полярный угол – ф.

Построение полярной координатной сетки начинают с изображения двух взаимно перпендикулярных прямых с центром пересечения в полюсе «О». Одну из этих прямых принимают 3a равномерную координатную ось значений полярных радиусов и наносят сетку полярных радиусов В виде концентрических окружностей с центром в полюсе. Цифровые значения наносят на обозначение ось В разрыв линий. переменной величины И единиц измерения ставят в конце шкалы (в поле диаграммы или за полем). Для отсчета углов полярных наносят прямые, проходящие через Угловой полюс. интервал этих прямых в зависимости от масштаба и удобства отсчета обычно 30° . составляет 10 – Обозначения «градусы» наносят только на последней цифре.

Поле координатной сетки может быть ограничено окружностью максимального полярного радиуса или прямоугольником.



и параболической 🗕

форм.

Функциональный масштаб.

Функциональная шкала строится таким образом:

Возьмем функцию Y = f (X) и вычислим значения этой функции для ряда значений аргумента X: 0, 1, 2, 3, ... Получим соответствующий ряд значений функции: Y₀ = f (0), Y₁ = f (1), Y₂ = f (2), ... Выберем длину единичного отрезка для измерения Y (модуль шкалы). Полученные значения Y_{Xi} = f (Xi) отложим на прямой в выбранном масштабе, а деления обозначим соответствующим значением аргумента.

Для примера рассмотрим построение логарифмической шкалы (наиболее распространенной из всех функциональных шкал): Y = log(X).

Выбираем масштаб по Y: единичный отрезок (AB) возьмем, например, 100 мм, A В

Ш	աղու	mhm	արո	ուղու	umhuu	աղող	ուսիսո	undim	mhu	mm
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
и	ткпа	пырае	M 2U2	пепи	σVο	r toui	си Δ	KOTO1	WIO I	ากนบน_
ма		цапас			л т О. Напр		м 11, тоцеи) y 10 1	
Ma No		пача		алы.				V I	пия (Тотт	штри-
х0	B) CI2	вим с	00180		ующи	с зна	чсних	IЛ. I	юлу	часм
ЛО	гарид	рмиче	скую	шкај	IY:					
]	L		2		3	4	5	6 7	89	10
L										
ΓΓ	mmn	minin	ապա	mijin	minii	mpm	mpm	minin	mm	m
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Табл	ица 2.
Х	$Y = \log$
	(X)
1	0
2	0,3010
3	0,4771
4	0,6021
5	0,6990
6	0,7782
7	0,8451
8	0,9031
9	0,9542
10	1

По логарифмическим шкалам строят логарифмические сетки (когда обе оси имеют логарифмические шкалы) и полулогарифмические сетки (одна из осей имеет логарифмическую шкалу, а по другой оси – равномерная шкала).

Разрывы по осям.

После разрыва оси (или при переходе через «0») можно поменять масштаб оси. Разрывы по осям используют только там, где это действительно необходимо, потому, что разрыв оси искажает вид графика. Если же надо более детально рассмотреть какую-либо часть графика, то, как правило, делают два графика: рисуют весь процесс целиком, и часть его на отдельном рисунке в более крупном масштабе.









стабилитрона, прямая ветвь.

Разрывы по осям надо использовать очень аккуратно. Например, если нам хорошо известен общий вид зависимости, то можно, используя разрыв, более детально изобразить информативные части графика.

В примере, приведенном ниже, видно, что кривая, после использования разрыва и изменения масштаба, стала почти прямой. Мы потеряли суть физического процесса: то, что зависимость I (U) существенно нелинейная. Этот пример – неудачное использование разрывов на оси.



Построение графика в компьютерных редакторах.

Существуют стандартные графические редакторы. Как правило, они рассчитаны на широкую аудиторию пользователей и имеют большие возможности. Есть и руководства для освоения этих редакторов. Но универсальность и большие возможности часто затрудняют выполнение конкретной задачи. Данное руководство предназначено для студентов физфака МГУ для построения графиков при выполнении ОФП, курсовых и дипломных работ. Графики, построенные по этим правилам, можно публиковать в научных журналах.

Наиболее часто в научной среде используются редакторы Microsoft Office Excel и Origin – но это платные редакторы. Поэтому в руководстве будут рассмотрены примеры построения графика в Excel 2010 и в Open Office Calc (версия 3.4.1) – бесплатном редакторе, созданным по подобию Excel 97.

Таблица 1. Зависимость температуры стандартной атмосферы от высоты.

ΔH, ∆t, град t, град С С Н, м Μ 1 15 0,5 0 10 1000 2 8,5 0,5 100 2 3 2000 100 0,2 4 3000 100 -4,5 0,2 5 -11 4000 100 0,5 5000 6 100 -17,5 0,5

Построение графика в редакторе Microsoft Office Excel 2010.

Задание:

Построить зависимость температуры стандартной атмосферы от высоты.

Переменные величины обозначить: по оси X – символом со стрелкой, по оси Y – символом в конце шкалы.

Выполнение:

Набрать таблицу данных, выделить столбцы значений «Х» и «Ү».

Это можно сделать, например, так: подвести курсор к заголовку столбца и щелкнуть левой кнопкой мыши. Столбец значений станет выделенным. Подвести курсор к заголовку другого столбца, нажать кнопку «ctrl» и щелкнуть левой кнопкой мыши: оба столбца значений станут выделенными.

Выбрать закладку «Вставка» главного меню, «Диаграммы», «Точечная».

	<mark>⊒ 9</mark> • (≥	_	-		-	<u> </u>	1000	стндА	Aтм.xlsx	- Micros	oft Excel	Starter	
Фаі	іл Гла	вная В	тавка І	Разметка стра	ницы	Формулы								
			P		XX	٢	-	1		0		ļi.	1	
Табл	ица Рису	нок Картин	ка Фигуры т	Гистограмма	а График *	Круговая и	Линейчатая •	С областями *	Точечная Д	ругие	График	Столбец	Выигрыш /	Гиперсо
Табл	ицы	Иллюстра	ции			Ди	аграммы	Точечная рклайны						
	C1	•		<i>f</i> _* 15					•	2mg				
	А	В	С	D	E	F	G	Н	• ° • •					
1	0	10	15	0,5										
2	1000	100	8,5	0,5					🔪 Точе	ечная с	маркера	ми		
3	2000	100	2	0,2					Cpa	авнени	е пар зна	чений.		
4	3000	100	-4,5	0,2					alle I De	иманая		COORNING		
5	4000	100	-11	0,5					нел	льзя ра	сположит	гь на оси	Хлибо они	11/12
6	5000	100	-17,5	0,5					ОТН	носятся	к незави	симым и	змерениям.	
7														



Полученный график необходимо отредактировать.

Это можно сделать несколькими способами. Но итог – конечный график – должен быть построен по всем правилам (см. конечный результат – с. 8): используется координатная сетка, на осях обозначены переменные величины и их единицы измерения, отмечены погрешности измерений, в пределах погрешностей проведена плавная кривая. Пример редактирования графика.

1. Выберите макет диаграммы. Для этого из основного меню выберите «Конструктор» из раздела «Работа с диаграммами», макет (например, 1).



2. Подпишите оси и название графика. Для этого надо выделить соответствующую надпись и вместо «Названия ...» набрать необходимую информацию. Размер шрифта регулируется так же как в «Word» (в нашем примере выбрано 14).

Чтобы подпись была внизу графика, переместите ее с помощью мыши вниз (выделить надпись и, удерживая кнопку мыши нажатой, переместите надпись). Область построения диаграммы надо, соответственно, переместить вверх.



Единицы измерения при данном обозначении принято проставлять между последним и предпоследним значениями шкалы. Если не хватает места между числами, то единицы измерения ставятся вместо предпоследнего числа на шкале. В нашем примере проставим единицы измерения, используя текстовую вставку «Надпись».



3. Добавьте линии сетки по вертикали.

Работа	с диагра	аммами			стндА	тм2.xlsx -	Microsoft E	Excel Starter		_		-	-	-	10.000
Конструктор	Мак	ет Фор	мат												
	<u>i İni</u>			in:			6100	allas				J		d Da	II II
ания Легенда П ейт д	Іодписи анных ∗	Таблица данных т	Оси	Сетка	Обл постро	асть рения т ди	Стенка аграммы т	Основание диаграммы *	П объем	оворот іной фиг	уры	Линия тренда ч	Линии	Полосы повышения/понижения т	Планки погрешносте
Подписи			0	I	оризонта	альные лин	нии сетки п	ю основной (оси 🕨					Анализ	
				В	ертикал	ьные лини	и сетки по	основной ос	1 🕨		Нет				
G	Н	I.	J	_	K	L	М	N	(Her	токазыва:	ть верти	кальные линии сетки	
, град С											Осн Пок	овные ли азать вер	нии сетн тикальн	ки ые линии сетки для основн	ых делений
5							_			in	Про Пок	межуточ азать вер	ные лин тикальн	нии сетки ые линии сетки для проме»	куточных дел

- 1 способ. Из главного меню выберите «Работа с диаграммами», «Макет»; «Сетка»: «Основные линии сетки. Показать основные линии сетки для основных делений».
- 2 способ. Подведите курсор к оси «Х» (должна появиться надпись «Горизонтальная ось»), щелкните правой кнопкой мыши, появится всплывающее меню, в нем выбрать «Добавить основные линии сетки».



4. Редактирование осей. Если выбрать последний пункт всплывающего меню «Формат оси» (см. предыдущий рис.), откроется окно для редактирования оси (той, которая выделена, в примере «Х»). В этом окне можно поменять масштаб графика (нас устроил предложенный по умолчанию), повернуть масштабные деления внутрь графика, выбрать расположение оси.

	Формат оси	ି <mark>କ</mark> ୍ଷ
	Параметры оси	Параметры оси
t, град С	Число	минимальное значение: 💿 авто 🔘 фиксированное 0,0
20	Заливка	максимальное значение: 💿 авто 🔘 фиксированное 6,0
.5	Цвет линии	цена основных делений: 💿 авто 🔘 фиксированное 1,0
	Тип линии	цена промежуточных делений: 💿 авто 🔘 фиксированное 0,2
;	Тень	обратный порядок значений
	Свечение и сглаживание	погарифмическая шкала Основная: 10
; 🖉 🕴		Цена деления: нет
	Формат объемной фигуры	Отображать на диаграмме
	Выравнивание	Основные: пересекают ось 💌
		Промежуточные: нет
,		Подписи оси: рядом с осью 💌
2		Вертикальная ось пересекает:
зависимост	тьте	Автов <u>ы</u> бор
атл	NOCC	◎ <u>З</u> начение оси: 0,0
		Максимальное значение по оси

Можно оставить подпись делений оси X рядом с осью. Но чтобы не загромождать поле диаграммы, лучше подпись делений перенести вниз сетки: «Формат оси», «Параметры оси» (см. рис.), «Подписи оси» выбрать «внизу».

На закладке «Цвет линии» выберите черный цвет.

На закладке «Тип линии» выберите ширину линии 1,5 пт. Аналогично поменяйте цвет и толщину линии для оси Y.

Чтобы отредактировать какой-либо объект, надо открыть окно редактирования: навести на объект курсор, щелкнуть правой кнопкой мыши, в появившемся всплывающем меню выбрать «Формат (объекта)». Если у Вас уже открыто окно редактирования, но надо отредактировать другой объект, выделите нужный Вам объект (наведите на него курсор и щелкните левой кнопкой мыши), окно редактирования поменяется – настроится на выделенный объект (проверьте заголовок окна).

Другой способ редактирования — *через главное меню:* «Работа с диаграммами»: «Конструктор», «Макет», «Формат».





5. **Добавьте погрешности к точкам.** Из главного меню выберите «Работа с диаграммами», «Макет»: «Планки погрешностей», «Дополнительные параметры планок погрешностей».

В открывшемся окне можно отредактировать способ указания погрешностей. Величину погрешности (нижняя левая часть окна) можно взять из таблицы. Для этого выберите: «Величина погрешности» «пользовательская», нажмите кнопку «Укажите значение». Откроется еще одно окно «Настраиваемые планки погрешностей».

5 160 ование раммы т	Повор объемной о	от фигуры	Линия Тренда *	и Повышения	<mark>л</mark> олосы я/пониж	<mark>∄</mark> Щ Планки ения ▼ погрешностей ▼	Имя диаграммы: Диаграмма 7	
				A	H.H.	Нет Удаление планок погр всех рядов, если ни од	ешностей для выд ин из них не выдел	еленного ряда или для 1ен
N	о t, гра	ц С	Q	R	SW PH	Планки погрешностей Отображение планок диаграммы с использо Планки погрешностей Отображение планок диаграммы с использо	й со стандартными погрешностей для ованием стандартн и с относительным погрешностей для ованием пятипроц	ошибками выделенного ряда ых ошибок и ошибками выделенного ряда ентных значений
	15 • 10 • 5 •	•	•		о њ÷	Планки погрешностей Отображение планок диаграммы с использо ополнительные п <u>а</u> рамет	и со стандартными погрешностей для ованием одного ста тры планок погрец	отклонениями выделенного ряда андартного отклонения иностей

Обратите внимание, на графике появились какие-то значения погрешностей, при этом погрешности по оси Y выделены. Значит, будем редактировать их:

С	D	E F G H	I I J	К	L	М	N	0	Р	Q	R	S	Т
15	0,5	Формат планок погрешностей					8 22		-				
8,5	0,5							град	C				
2	0,2	Вертикальные планки погрешностей	Вертикальные пла	нки погрец	иностей				20				
-4,5	0,2	Цвет линии	Вывод						+ 15 巖 –				
-11	0,5	Тип линии	Направление						10				
-17,5	0,5	Таць	■ Bce						5 -	60			
		Тень Свечение и стлаживание		Настраиваемы 	ые планки по ое значение о ое значение основато основа обърската	огрешносто ошибки ОК % е	ей 🛛 🗙	2 Зав	о -5 -5 -5 -70 -20 -25 -0 -25 -0 -25 -0 -25 -0 -25 -0 -25 -0 -25 -0 -25 -0 -25 -0 -25 -0 -20 -0 -25 -0 -0 -10 -10 -10 -10 -10 -10 -10 -10 -	2 ть темпи vocфер		6	КМ 8

переместим курсор на значения погрешностей Y в таблице – столбец D и выделим значения с первого до последнего (для положительных и отрицательных значений погрешностей).

Аналогично укажите и погрешности по оси Х (выделите горизонтальные планки погрешностей и в окне редактирования введите значения столбца В).



Зависимость температуры стандартной атмосферы от высоты.

6. Чтобы изменить внешний вид точек (форму, цвет, размер), выделите точки данных и настройте вид через окно редактирования.



7. Теперь необходимо провести линию функциональной зависимости через нанесенные на график точки. Для этого воспользуемся «Линией тренда» из главного меню «Работа с диаграммами», «Макет».

Линия тренда — основная тенденция изменения ряда (trend тенденция — англ.), она может быть описана различными уравнениями: линейными, логарифмическими, степенными и т.д. Устанавливают тип тренда статистическими методами, наиболее распространен параметрический: рассматривают ряд Y(X) как гладкую функцию X, X = 1, 2, 3, ..., N. Предполагают один или несколько видов функций Y(X), и затем разными методами (например, МНК) оценивают параметры этих функций и оценивают адекватность каждой модели.



В примере, очевидно, надо использовать линейное приближение. После того, как линия проведена, ее можно отредактировать (цвет, толщина линии). На закладке «Параметры линии тренда» можно попросить показать уравнение линии тренда. <u>Как правило, в графических редакторах оценка</u> параметров проводится методом МНК без учета погрешностей! Этого достаточно, чтобы провести линию на графике, но нельзя использовать для расчёта каких-то либо величин с погрешностями! Если нужны расчеты методом МНК, сначала необходимо выяснить, по каким формулам проводятся расчеты в редакторе (через справку или провести контрольные расчеты для нескольких вариантов данных и погрешностей).



Окончательный вид графика:



t, град С

Зависимость температуры стандартной атмосферы от высоты.

Если Вы не знаете, какой функцией можно описать проходящую через точки кривую, можно попробовать описать эту функцию через полином (многочлен), подобрать степень полинома. Пример подобной линии тренда представлен на рисунке:



Построение графика в редакторе OpenOffice.org Calc (версия 3.4.1).

Откройте редактор OpenOffice.org Calc (3.4.1) и наберите таблицу данных.

Выделите столбцы значений: наведите курсор на заголовок «А», щелкните правой кнопкой мыши, выделится столбец «А». Переместите курсор на столбец «С», нажмите «Ctrl», щелкните правой кнопкой мыши, выделенными станут два столбца «А» и «С».

🗃 пр	имер.с	ods - Ope	enOffice.	org Calc
<u>Ф</u> айл	і <u>П</u> ра	вка <u>В</u> ид	, Вст <u>а</u> в	ка Форма
. 🗃	- 😕	📙 🗠		🗟 🖴 (
•	Aria	I		• 1
C1			▼ Ĵx	∑ =
	Α	В	С	D
1	U, B	ΔU, B	I, мА	ΔI,мA
2	0	0,2	0	0,1
3	5	0,2	2,3	0,1
4	8	0,2	4,1	0,5
5	10	0,4	4,3	0,5
6	12	0,4	5,5	0,5
7	14	0,4	6,2	0,5
8	16	0,4	7,2	0,5
9				

В главном меню выберите пункт «Вставка», в открывшемся подменю: «Диаграмма...».

Появится окно предварительного просмотра и диалоговое окно «Мастер диаграмм». Далее необходимо следовать инструкциям «Мастера диаграмм».

Шаг 1: Выберите тип диаграммы:

«Диаграмма XY». Первый из выделенных столбцов автоматически станет переменной «Х», второй (и если есть, последующие) – переменной «Y». Если Вас это не устраивает, можно в следующих шагах (2 и 3) поменять данные, по которым строится график.



Нажмите кнопку «Далее», переходим ко второму шагу. Проверьте данные, по которым стоите график. Если надо поменять столбцы данных, щелкните по значку, находящемуся справа от строки с диапазонами данных и в

Мастер диаграмм	
 Шаги	Выберите диапазон данных
1. Тип диаграммы 2. Диапазон данных	Диапазон данных \$Лист1.\$A\$1:\$A\$8;\$Лист1.\$C\$1:\$C\$8
3. Ряды данных	Ряды данных в строках
4. Элементы диаграммы	• Ряды данных в столбцах
	🕑 <u>П</u> ервая строка как подпись
	Первый столбец как подпись
<u>С</u> правка	<< <u>Н</u> азад <u>Д</u> алее >> <u>Г</u> отово Отмена

открывшемся окне исправьте адреса данных. Можно стереть все адреса и, щелкая по заголовкам столбцов («Ctrl» + заголовок столбца), набрать новые. (Аналогично и для шага 3).



	ример	o.ods	- Ope	enOffice.	org C	alc			_			r													
₫ай	іл Пр	авка	<u>В</u> ид	, Вст <u>а</u> в	ка 🕻	Рорм	лат	С <u>е</u> рви	с <u>О</u> кн	o <u>C</u>	правка	3													
1 🖬) - 🗋	36	. 🗠	- 🗟 i	-	\succ		Ê)															
	бласть	диаг	рамм	ы		-	Фор	мат вы	делени	я	a <mark>b</mark> ⊫	∎ I Í		A	l 📲										
-	Α		B	С	D			F		F		(6		н	•		I		1		к		-	-
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16		Δ 0 5 8 0 2 4 6 6	B U, B 0,2 0,2 0,2 0,4 0,4 0,4	L, MA 0 2,3 4,1 4,3 5,5 6,2 7,2		I, MA	8 7 6 5 4 3 2 1		Вол	ьта	мпер	ная	a xapa	актер		каре	езист		23						
17		_					Ŏ		2	4		6		8	10)	12	1	4	16	18			т	Ī
19														U	J							_	_	•	— 1
20	Маст	ер д	иагра	мм	-							_		-				_			X			T	
22	-																								
23	Ша	ги					Вь	ыберит	е заго	10BKI	и, лего	енду	у и пар	аметр	ы сети	си									
25	1.T	ип ді	иагран	ммы			<u>3</u> a	головс	к	ная х	аракте	рис	тика р	езисто	pa R3		Пока	зать <u>л</u> е	генду						
26	2.д	иапа	зон д	анных			<u> </u> 0	одзагол	овок								C)	пе <u>в</u> а							
28	3. P	яды ,	даннь	IX													⊚ Cr	права					Ι.		
29	4.Э	леме	енты д	иаграми	мы		<u>0</u> 0	ъХ		U							C CE	вер <u>х</u> у							1
31							00	: <u>ь</u> Ү		l, мА							Cr	низу							
32							00	ьΖ	[0.
33							07	ofinav		o. —													ная	xapa	актері
35										יי ⊠∩	ch V			ch 7											
30								5 C 0 <u>A</u>																	
іі С. Вы		<u>C</u>	правк	a						<< <u>+</u>	<u>Н</u> азад		Д	алее >	>		<u>Г</u> отов	80		Отме	на]			

заголовок переделаем в подпись – как требуется), наберите названия осей (потом отредактируем), сетку закажите и по X и по Y, легенду скройте. «Готово».

Теперь **отредактируем построенный график**. Чтобы получить доступ к редактированию, дважды щелкните левой кнопкой мыши в области диаграммы. Диаграмма будет обведена толстой серой рамкой, как и в работе с «Мастером диаграмм».

Сначала переделайте заголовок в подпись: выделите заголовок (щелкните правой кнопкой мыши) и перетащите его с помощью курсора (💠) вниз. Соответственно, область построения диаграммы переместите вверх.

Обозначения по оси У переместите в конец шкалы. Щелкните правой кнопкой мыши по выделенному обозначению, откроется меню для



Выберите «Формат заголовка...», «Выравнивание», и редактирования. поставьте поворот «О градусов». На закладке «Шрифт» увеличьте размер шрифта надписи (поставьте 14).

Редактирование оси Х.

Выделите ось Х (для этого надо подвести курсор к оси, и когда появится подпись под курсором «ось Х», щелкните левой кнопкой мыши). Щелкните по выделенной оси правой кнопкой мыши: откроется меню редактирования, выберите «Формат оси...», «Масштабирование».



Уберите галочки «Автоматически» от
пунктов: «Максимум», «Основной

	Ось Х							
	Масштабирование	Расположение	Линия	Подпись	Числа	Шрифт	Эффекты ц	ирифта
	Масштабировани	e						
	В обратном н	направлении						
	<u>Л</u> огарифмич	еское масштаби	рование	2				
	<u>М</u> инимум		0		V	<u>А</u> втомат	ически	
_	Максимум		20			Автомат	и <u>ч</u> ески	
0	Основно <u>й</u>		5			Автомат	ич <u>е</u> ски	
	V			[A		

(интервал)», «Количество дополнительных интервалов» и проставьте в окна нужные значения.

Перейдите на закладку «Расположение». Разверните метки интервалов – чтобы они были направлены внутрь. Откройте закладку «Линия». Выберите: цвет линии оси – черный; толщину линии оси (в примере 0,03 см). «Ok».

)сь Х					
Масштабирование Рас	положение Линия Подпись Числа Шрифт Эффекты шрифта				
Линия оси					
<u>П</u> ересекать другую	ось в Значении 💌 0				
Подписи					
<u>М</u> есто подписей	Рядом с осью 🗸				
Метки интервалов —					
Основные:	🔽 Вн <u>у</u> три 📃 Снару <u>ж</u> и				
Дополнительные:	☑ Внутренние Внешние				
Место мето <u>к</u>	На осях и подписях 👻				

Аналогично отредактируйте ось Y (самостоятельно: разверните штрихи, сделайте ось черной и такой же толщины, что и ось X; масштаб, предложенный по умолчанию, нам подошел).

Отредактируйте подпись к оси Х. Для этого выделите подпись и дважды щелкните внутри поля. Если вошли в режим редактирования, выберите в главном меню пункт «Вставка», «Специальные символы». Найдите в «Специальных символах» знак «→» и вставьте его в подпись. Увеличьте размер шрифта до 14 (см. редактирование оси Х). Единицы измерения при данном обозначении принято проставлять между последним и



предпоследним значениями шкалы. Если не хватает места между числами, то единицы измерения ставятся вместо предпоследнего числа на шкале. В нашем примере проставим единицы измерения, используя текстовую

вставку в режиме рисования. Если у Вас нет внизу панели рисования, ее можно вставить: из основного меню выбираем пункт «Вид», «Панели инструментов». Ставим галочку на «Рисование».

🗃 пример.ods - OpenOffice.org Calc								
<u>Ф</u> айл <u>П</u> равка <u>Вид</u> Вст <u>а</u> вка Фо <u>р</u> мат С <u>е</u> рвис <u>О</u> кно <u>С</u> правка								
: 🔒	- 🔰 🔛		Панели инструме	ентов 🕨	\checkmark	<u>Р</u> исование		
·		Строка состо <u>я</u> ния		\checkmark	<u>С</u> тандартная			
Диаграмма		<u>С</u> татус метода ввода		✓	<u>Ф</u> орматирование	Ŀ		
	A		Таблица данных	лиаграммы		<u>Н</u> астройка	Н	
2	0					Восстановить	ь.	
3	5	0,2	2,3 0,1	7.	_			
4	8	0.2	4 1 0 5	-				



Если надо сделать надпись вместо другого текста (предпоследнего числа

шкалы), можно отредактировать область надписи: щелкните по рамке, она станет выделенной. Щелкните по выделенной рамке правой кнопкой, из появившегося меню выберите «Область», на закладке «Прозрачность» выберите «непрозрачный»; на закладке «Цвет» - белый.

Аналогично можно скрыть лишний «0» в начале шкалы. По правилам «0» ставится только один раз, если обе шкалы начинаются с «0». Можно на место «0» поставить непрозрачную область надписи и ничего туда не набирать.





Редактирование представления данных на диаграмме.

Если навести курсор на какую-либо точку данных и щелкнуть по ней левой кнопкой мыши. точки данных станут выделенными. Щелкните правой кнопкой мыши по выделенным точкам появится меню для редактирования.

Выберите «Формат рядов данных». В отрывшемся окне редактирования, на закладке «Линия», можно поменять цвет, размер и вид символа и линии графика.

			C:\Program File
P		-	C:\Program <u>F</u> ile
Ряды данных	and services of		C:\Program File
Параметры Линия		*	C:\Program File
Свойства линий	Значок	-	C:\Program File
Стиль		9	C:\Program File
	высор	٠	C:\Program File
Невидимая	<u>Б</u> ез символа		C:\Program File
Цвет	<u>А</u> втоматически	*	C:\Program File
Диаграмма 1 💌	<u>И</u> з файла	-	C:\Program File
	<u>Г</u> алерея •		C:\Program File
	<u>С</u> имволы •		C:\Program File
0,08cm			C:\Program File
Прозрачность		*	C:\Program File
0%		-	C:\P <u>r</u> ogram File
			C:\Program File
//l		- 4-	C:\Program File

Добавьте погрешности точек данных.

Из пункта основного меню «Вставка» выберите «Полосы погрешностей Ү». Откроется диалоговое окно. Погрешности мы будем проставлять из таблицы,

поэтому в «Категории погрешностей» выберите «Диапазон ячеек». Вид раздела «Параметры»

изменится и Вам будет предложена возможность ввести данные из таблицы. Щелкните по кнопке

Откроется окно, куда можно ввести адрос столбиа «А І»

столбец значений.

Полосы погрешност	ей для всех рядов данных	1	×
Категория погреш	ностей	Индикатор погрешностей	ОК
© <u>Н</u> ет		Все значения	Отмена
 Постоянное : Проценты 	значение	© Положител <u>ь</u> ные	<u>С</u> правка
🔘 Стандартно	е отклонение 💌	Отрицательные	
🧿 Диапазон яч	eek		
Параметры ——			-
Поло <u>ж</u> ит. (+)	\$Лист1.\$D\$2:\$D\$8		
<u>О</u> трицат. (-)	\$Лист1.\$D\$2:\$D\$8	<u>A</u>	
🔽 Одинаковые	<u>з</u> начения		

адрес столбца «Д I». Или достаточно просто выделить курсором нужный





Если в редакторе не предлагают построить погрешности по аргументу, их можно построить самостоятельно, например, таким экзотическим способом:

Для этого надо переписать таблицу данных и построить график нескольких

A		В	С		D			
1	$X_1 - \Delta X_1$	-0,2			Y ₁	0		
2	X ₁	0	Y ₁ 0			Ĺ		
3	$X_1 + \Delta X_1$	0,2			Y ₁	0		
4	$X_2 - \Delta X_2$	4,8					Y ₂	2,3
5	X_2	- 5	Y ₂ 2,3					
6	$X_2 + \Delta X_2$	5,2					Y ₂	2,3
7		7,8						

переменных от аргумента (U): сама необходимая нам функция I(U) (столбец B) и «функции» погрешностей U для каждой точки (столбцы C – J).

Для построения

графиков нескольких функций от одного аргумента просто выделяем в таблице столбцы, в которых набраны значения аргумента (по умолчанию, первый столбец) и функций (все последующие столбцы) — в примере выделяем столбцы А – J. Далее строим и редактируем график.

Построение линии функциональной зависимости через экспериментальные точки.

Так как наши результаты получены с некоторыми погрешностями, соединять точки ломаной или плавной кривой нельзя! Надо провести плавную кривую в



пределах погрешностей. Кривая должна быть наиболее простой формы (как можно меньше максимумов и минимумов, перегибов) – самая простая кривая – это – прямая. Если известна теоретическая зависимость, это надо учесть и попытаться провести кривую такого вида, какая должна быть по теории. В нашем примере по теории через эти точки должна пройти прямая. Построить ее можно по линии тренда. Для этого выделите данные, через которые надо провести прямую или кривую (щелкните мышкой по одной из точек данных, проверьте, что

выделились все точки). Из главного меню выбираем «Вставка», «Линии тренда…». Откроется окно, где будет предложено выбрать вид кривой (тип регрессии). На закладке «Линия» можно выбрать цвет и толщину линии.



