

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
Ульяновский государственный технический университет

# **Графики в студенческих работах**

Методические указания студентам к оформлению графиков  
в расчетно-графических работах, индивидуальных заданиях заочников  
и в отчетах к лабораторным работам по дисциплинам цикла ТОЭ и ОЭ

Составитель Е. И. Голобородько

Ульяновск  
2006

УДК 655.415 (076)

ББК 30.11 я7

Г40

Рецензент кандидат технических наук, профессор кафедры электропривода Ульяновского государственного технического университета Анатолий Леонидович Кислицын.

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета университета

**Графики** в студенческих работах : методические указания студентам к оформлению графиков в расчетно-графических работах, индивидуальных заданиях заочников и в отчетах о выполнении лабораторных работ по дисциплинам цикла ТОЭ и ОЭ / сост. Е. И. Голобородько. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 16 с.

Потребность в появлении этих методических указаний обусловлена необходимостью научить студентов правильно оформлять техническую документацию, в том числе в части создания качественного иллюстративного материала: рисунков и графиков. Такая задача ставится всеми действующими Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования для студентов специальностей 100700, 120100, 150100, 190300, 200800, 220100, 330200 и других. В то же время тема оформления графиков в отчетах, расчетно-графических работах студентов, курсовых проектах и других рассеяна в основном в книгах редакционно-издательского характера, не являющихся учебниками по каким-либо предметам студентов, проходящих обучение на кафедре «Электроснабжение».

Работа подготовлена на кафедре «Электроснабжение» цикл ТОЭ и ОЭ.

УДК 655.415 (076)

ББК 30.11 я7

© Голобородько Е. И., составление, 2006

© Оформление. УлГТУ, 2006

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Бланк.....	5
Размер графика.....	5
Координатная сетка.....	5
Оси координат.....	6
Шкалы на осях.....	7
Дополнительные оси и шкалы.....	8
Проведение линий графиков функций.....	8
Несколько кривых на одном графике.....	9
Пример оформления графика.....	10
Приложение.....	13
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	16

## ВВЕДЕНИЕ

Чтобы показать причины, которые заставляют написать предлагаемые методические указания, приведем пример графика с характерными ошибками, которые часто делают студенты в отчетах по лабораторным работам. График вымышленный, однако каждый преподаватель подтвердит, что встречается с такими ошибками студентов довольно часто.

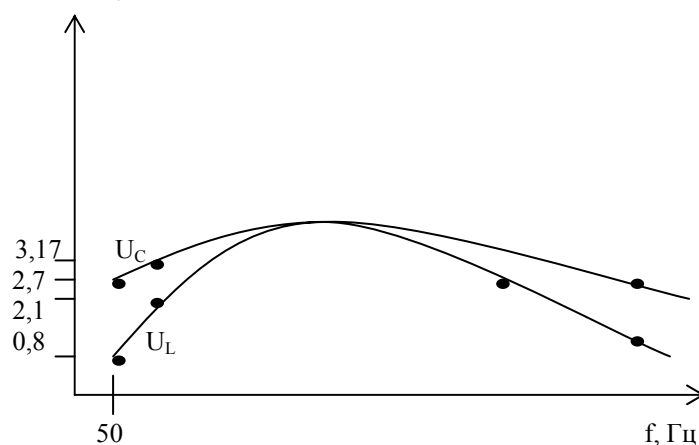


Рис.1. Пример неправильно оформленного графика

Итак, какие же ошибки бросаются здесь в глаза?

1. График, представляющий **количественные** зависимости (напряжений от частоты), не может быть без координатной сетки.
2. Оси координат такого графика не должны оканчиваться стрелками.
3. График плохо заполнен. Верхняя половина, занимая площадь листа, не несет никакой информации. Надо ограничить ось ординат наибольшими значениями представленных функций либо увеличить масштаб по оси ординат вдвое. Последнее предпочтительнее, так как в этом случае легче будет считывать значения функций в интересующих точках.
4. На оси абсцисс проставлено единственное масштабное деление. Необходима целая шкала с равномерным распределением делений до максимальных значений аргумента.
5. На оси ординат вместо равномерной шкалы с соответствующими числами нанесены значения функций соответствующих точек, через которые проводились графики.
6. На оси ординат не указаны величины, представленные на графике.
7. На оси ординат вовсе не указаны единицы, в которых представлены значения функций.
8. Точки, по которым строились графики функций и сами линии графиков представлены одинаково, в связи с этим не ясно, продолжение которой из них идет выше другой после прохождения ими максимума при больших частотах.

Прикинем, что же должен поставить преподаватель студенту представившему график с таким количеством недочетов.

Что же надо знать студенту, чтобы избежать ошибок при построении графиков?

### **Бланк**

Бланком для графика может служить бумага с миллиметровыми делениями (миллиметровка), белая бумага с нанесенной студентом в пределах графика координатной сеткой или, в крайнем случае, бумага из обычной тетради в клетку (для школьных занятий по арифметике).

### **Размер графика**

Для большинства графиков-иллюстраций разумный размер площади графика оказывается в пределах от  $70 \times 70$  мм до  $150 \times 150$  мм. Рациональный размер оценивается в каждом отдельном случае исходя из удобства пользования готовым графиком. Линии функциональных зависимостей, изображенные на нем, должны свободно просматриваться, хорошо читаться, не сливаться с другими, и в то же время график не должен смотреться слишком пустым, незаполненным.

### **Координатная сетка**

Для удобства отсчета координат точек графика вся площадь графика расчерчивается вертикальными и горизонтальными линиями, образующими так называемую *координатную сетку*. Расстояния между вертикальными линиями не обязательно равны расстояниям между горизонтальными линиями, но и те и другие не должны быть меньше 5 мм. Как правило, расстояния между вертикальными линиями одинаковы, между горизонтальными линиями тоже одинаковые (равномерная шкала). Правило это нарушается в редких случаях, когда, например, используется логарифмическая шкала по оси (осям) координат. Не следует специально наносить дополнительно сетку чернилами или тушью, если для графика используется миллиметровка или лист в клетку. Однако границы графика надо очертить рамкой, типографскую разлиновку внутри которой и будем считать координатой сеткой.

Координатная сетка не наносится вовсе, когда график носит качественно-иллюстративный характер для демонстрации характера поведения функции без оценки количественных соотношений. Тогда оси координат заканчиваются стрелками

## Оси координат

Одна из горизонтальных линий координатной сетки принимается за ось абсцисс и прочерчивается более жирно, чем остальные. Одна из вертикальных линий координатной сетки принимается за ось ординат и прочерчивается жирнее других.

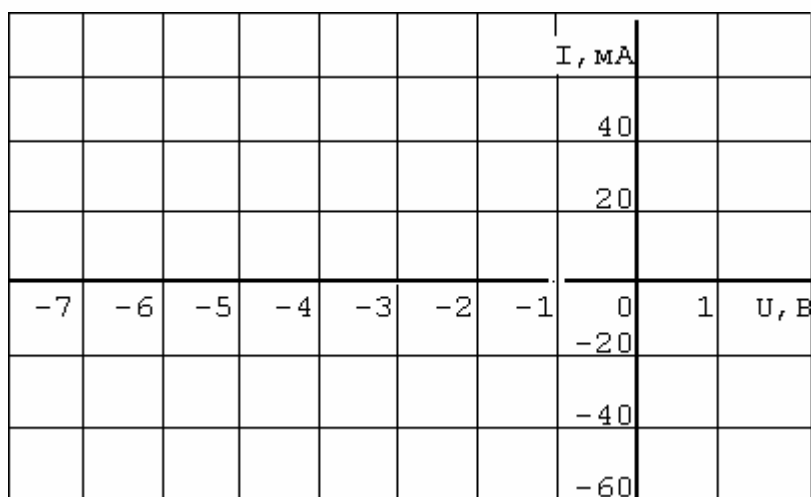


Рис. 2. Пример координатной сетки с осями для графика функции имеющей, как и ее аргумент, и положительные, и отрицательные значения

Если функция и ее аргумент не принимают отрицательных значений, осями координат назначаются крайняя нижняя и крайняя левая линии.

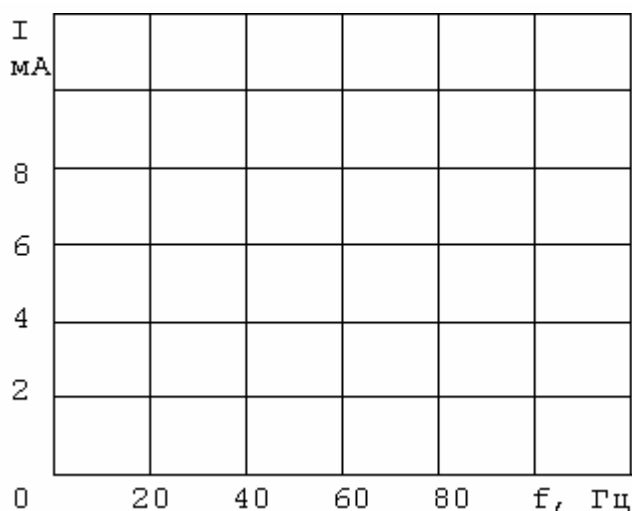


Рис. 3. Пример координатной сетки для функции не принимающей отрицательных значений

Достаточно часто на площади одной координатной сетки помещают кривые, изображающие несколько функциональных зависимостей от одной независимой переменной. В этом случае может появиться необходимость в нескольких осях ординат, соответствующих разнородным величинам (ток, напряжение, фаза и т. п.) или хотя бы сильно отличающимся своими значениями (ток базы и ток коллектора). Не исключено, хотя и очень редко, что потребуется и другая ось абсцисс.

*Стрелки на концах осей координат не ставят!* Исключение составляют оси графиков, отражающих качественные зависимости, без координатной сетки.

### Шкалы на осях

Точки пересечения линий координатной сетки с осями координат представляют собой метки, против которых проставляются числовые значения, соответствующие этим координатам. Числа проставляются под осью абсцисс и слева от оси ординат. Вместо последних чисел пишутся обозначение величины, которая откладывается по этой оси, и через запятую единицы. На вертикальной оси обозначения величины и единицы могут располагаться друг под другом, тогда запятая не обязательна. Предпочтительней выбирать интервал между цифровыми обозначениями равным  $1 \cdot 10^n$ ,  $2 \cdot 10^n$ ,  $5 \cdot 10^n$ , где  $n$  – любое целое число. Если есть возможность, вместо множителя  $10^n$  лучше употреблять стандартные приставки кратных или дольных единиц (мкА, кВт и т. п.).

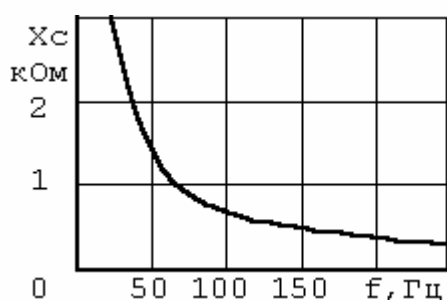


Рис. 4. На шкале по оси ординат использованы деления, соответствующие килоомам (кратным единицам ома)

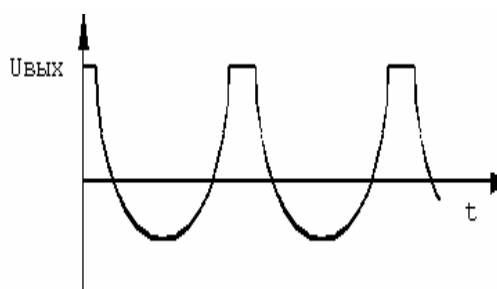


Рис. 5. График со стрелками на осях координат и без координатной сетки применяется только для демонстрации качественной зависимости.

Если координатная сетка плотная, числа можно писать не против каждого деления, а через одно или через пять, однако в любом случае нельзя ограничиваться единственным числом на шкале. *На масштабной шкале не следует писать числа табличных значений, изображаемых величин, то есть значений координат точек, по которым будет строиться кривая!*

## Дополнительные оси и шкалы

Как уже отмечалось, иногда возникает необходимость в нескольких осях абсцисс или (и) осях ординат. Чаще всего в таких случаях проводят дополнительные шкалы ординат слева от координатной сетки. В редких случаях полезно в качестве такой дополнительной шкалы использовать крайнюю правую линию координатной сетки. Разумеется, в этом случае линия со шкалой не проходит через ноль оси абсцисс. В любом случае интервалы между делениями на дополнительных шкалах должны быть такими же, как и на основной шкале и располагаться против соответствующих интервалов основной шкалы. Это не значит, однако, что и числа против делений должны быть те же. Каждая ось координат может иметь свой масштаб, больше того, для них не обязательно совпадение нулевых отметок.

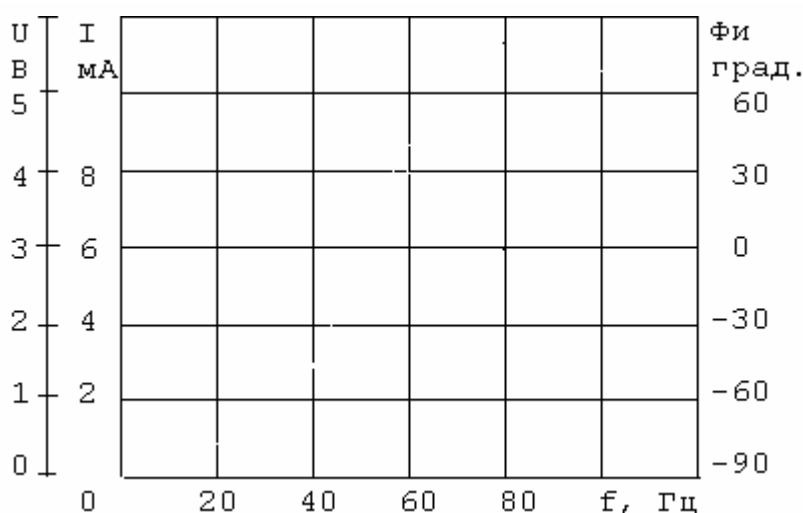


Рис. 6. Координатная сетка со шкалами для графика трех функций (напряжения, тока и сдвига фаз между ними). Для шкалы токов выбраны дольные единицы – миллиамперы. Для сдвига фаз, принимающего как положительные, так и отрицательные значения, ноль расположен на середине шкалы

## Проведение линий графиков функций

Линии, графически изображающие функциональные зависимости, проводятся в соответствии с нанесенными по табличным значениям точками. Это не означает, что линия графика должна следовать от точки к точке. Вообще говоря, линия графика должна плавно проходить среди этих уже построенных точек, без резких изломов и выбросов. Хорошее построение линии графика соответствует линии, вычисленной по методу наименьших квадратов. Явные выбросы, говорящие о случайных больших ошибках вычислений или измерений, при этом просто отбрасываются. Говоря конкретно о графиках из практики студентов цикла ТОЭ и ОЭ, к методу построения линии по методу



наименьших квадратов прибегать не приходится. Достаточно знания теории вопроса и элементарного здравого смысла, чтобы увидеть, какие из точек явно ошибочны, и пересчитать (или перемерить) значения их координат. Через остальные же точки можно проводить линию с помощью лекала. В случае появления неоправданных изломов, провести плавную линию между этими точками.

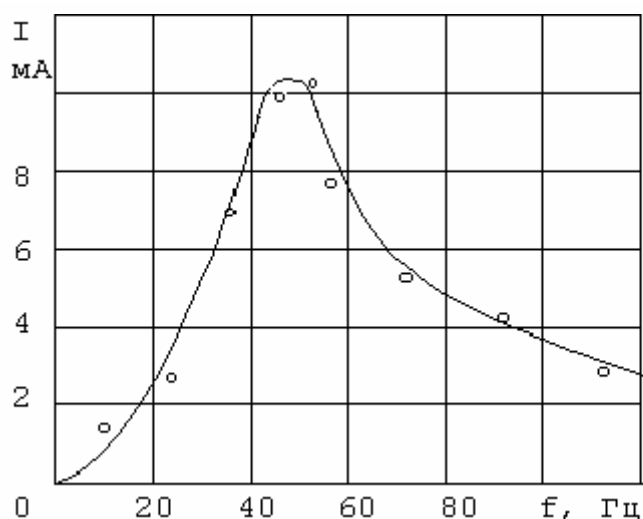


Рис. 7. Проведение линии графика по нанесенным экспериментальным точкам

## Несколько кривых на одном графике

Как уже отмечалось, перед построением кривых на графике появляются точки, соответствующие табличным значениям изображаемой функции. При этом для каждой функции они имеют свои изображения-обозначения. В принципе этого достаточно, чтобы отличить одну линию от другой, хотя полезно усилить эти отличия разным цветом линий или разным характером самих линий: сплошной, пунктирной, штриховой и т. п. Особенно важно ввести такое отличие линий, когда они пересекаются на графике, и когда после пересечения нелегко проследить, какая из них в какую сторону продолжается. Около линии надо поставить обозначение физической величины, функциональную зависимость которой изображает данная линия. В случае, если не получается кратко пояснить все линии на графике, их надо просто пронумеровать, пометить буквами или иными краткими условными обозначениями и в подрисуночной подписи пояснить, какую функцию каждая из помеченных таким образом линий представляет. В качестве меток могут быть использованы обозначения величин в таблице.

## Пример оформления графика

Пусть нам надо оформить график в соответствии с таблицей, полученной в результате выполнения лабораторной работы по изучению резонансных явлений.

Таблица

Номер опыта	F (Гц)	I (мА)	$U_L$ (В)	$U_C$ (В)	Угол $\Phi$ (градус)
1	10	1,5	0,2	2,2	– 85
2	25	2,5	1,8	3,2	– 75
3	35	7,0	2,8	4,6	– 55
4	45	10,2	3,3	4,1	– 17
5	55	8,7	4,6	2,9	10
6	73	5,2	3,5	2,2	33
7	82	4,1	2,7	1,5	58
8	115	2,9	2,3	0,8	73

Для начала вспомним о размерах площади, занимаемой графиком. График будет содержать четыре кривых, и нам надо уложиться в размер 150×150 мм. Начнем с рационального масштаба по оси абсцисс. Максимальное значение частоты, которую мы будем откладывать по горизонтальной оси, 115 Гц. Если выберем масштаб 10 Гц в одном сантиметре, удаление последней точки от начала оси абсцисс составит 11,5 см. С учетом того, что нам предстоит проводить дополнительные шкалы для разнородных величин вне координатной сетки, нам это подходит. Максимальное значение величин, откладываемых по вертикали, составит: 10,2 мА для тока, 4,6 В для напряжений, от – 85 до +73 градусов для угла  $\phi$ . Если проводить деления через 20 Гц для частоты, получится 6 делений, провести их через 20 мм и будем иметь 120 мм ширину координатной сетки. Если проводить деления 15 мм по высоте и положить для тока 2 мА на деление, а для напряжения 1 В на деление получим приемлемую высоту графика: 90 мм при хорошем заполнении поля координатной сетки. Вершина графика тока войдет в верхнюю последнюю клетку, вершины напряжений в предпоследнюю.

Остается угол  $\phi$ . Полный интервал возможного изменения угла: от – 90 до +90, итого 180 градусов. Границы измеренных значений в лабораторной работе не намного отличаются от этих крайних значений. В нашем графике намечается 6 делений по высоте. Поделив 180 на 6, получаем по 30 градусов на деление. При этом нулевая линия для  $\phi$  должна проходить посередине графика. Придется пойти на эту необычность, т. к. если совместить нулевую линию для всех величин, изображаемых на графике, с нижней границей координатной сетки, кривая  $\phi$  ( $f$ ) должна будет опуститься ниже уже намеченной площади

координатной сетки и потребуется дополнительно расширять ее по высоте почти вдвое, что нежелательно.

Продумаем, как и где проводить шкалы, для изображаемых функциональных зависимостей. Левую вертикальную линию масштабной сетки приспособим под шкалу тока. Напрашивается объединение шкал для  $U_L$  и  $U_C$  в одну, которую обозначим просто  $U$ . Величины эти однородны и мало отличаются по максимальному значению. Больше того, интересно сравнить их поведение при изменении частоты. Так что естественно выбрать для них один масштаб. Однако это будет не тот масштаб, который мы выбрали для тока, так что придется проводить другую шкалу, видимо, слева от первой. Поемим, какая шкала к чему относится, и проставим единицы и числа против делений. Теперь надо определиться со шкалой для угла  $\phi$ . В силу того, что она имеет особенность в расположении нуля, ее лучше отделить от шкал тока и напряжения и провести справа от графика, используя для этого крайнюю правую вертикальную линию координатной сетки. Так при считывании будет меньше ошибок. После записи обозначений и чисел координатная сетка готова к проставлению на ней точек, по которым затем будем строить кривые графиков.

Обратимся теперь к таблице и проставим на графике, ориентируясь по координатной сетке, своего рода метки для измеренных и вычисленных значений величин, графики которых нам предстоит изобразить. Чтобы легче ориентироваться в ходе кривых (особенно после того, как они, подходя близко друг к другу или перекрещиваясь, совпадают на графике), для каждой функции выбираем метки, отличающиеся от других: треугольники, крестики, жирные точки, пустые кружочки, квадратики и т. д. Ориентируясь на эти точки-метки, строим кривые – графики этих функций.

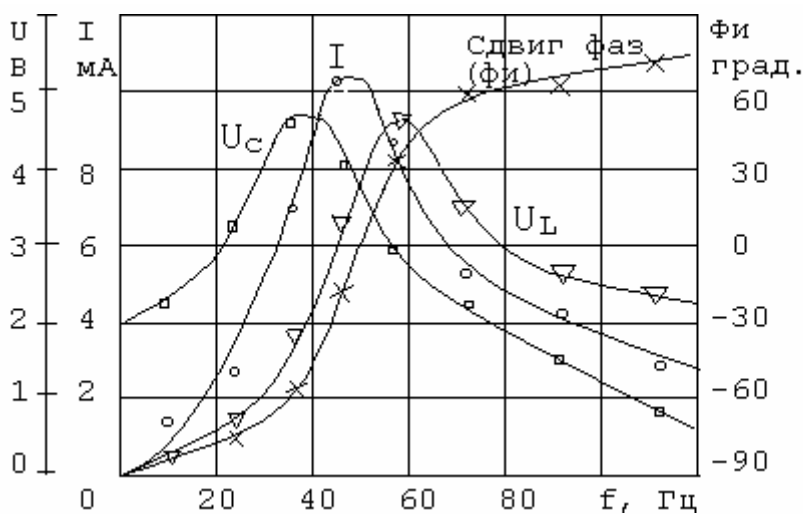


Рис. 8. Окончательный вид графика с изображением нескольких зависимостей

График функции не обязательно должен проходить через точки-метки, в особенности, если экспериментальная или расчетная точка явно имеет характер

выброса и не укладывается в общий ход кривой. Кривая графика должна быть плавной, однако так, чтобы точки, по которым она строится, располагались возможно ближе к ней. В нашем случае явного выброса данных из общего порядка не наблюдалось, да и статистическая выборка невелика. Это упрощает построение кривых. Поскольку в тексте отчета по лабораторной работе и в приложенной таблице многократно обсуждаются величины с обозначениями  $I$ ,  $U_L$ ,  $U_C$ ,  $\Phi$ , обозначим так же и соответствующие кривые непосредственно на графике и не будем расшифровывать эти обозначения в подрисуночном тексте. Обычно же за правило надо принять указание в подрисуночном тексте какими метками помечены те или иные функции. В связи с техническими особенностями изготовления данного пособия вместо обозначения угла сдвига фаз греческой буквой  $\phi$  пометка кривой на графике сделана в виде русской транскрипции « $\Phi$ ».

## Приложение

### Определения, справки, примечания

График — геометрическое изображение функциональной зависимости при помощи линий на плоскости [5].

График — чертеж применяемый для наглядности изображения зависимости какой-либо величины (например, пути) от другой (например, от времени) [6].

График — функция, линия, дающая наглядное представление о характере изменения функции. График функции  $y = f(x)$  состоит из точек, абсциссы которых равны значениям  $x$ , а ординаты — соответствующим значениям  $y$  [6].

Заметим, что первые два определения позволяют понимать график как чертеж, включающий в себя и координатные оси, и координатную сетку, и шкалы, определяющие масштаб изображения, тогда как последние только саму линию — геометрическое место точек, соответствующих определенным абсциссам и ординатам. Эту неопределенность, двусмысленность понятия график каждый раз приходится раскрывать в соответствии с контекстом, в котором употреблено слово.

Декартовыми прямоугольными координатами точки  $P$  называются взятые с определенным знаком расстояния (выраженные в масштабе) этой точки от двух взаимно перпендикулярных прямых — осей координат.

Точка пересечения осей "0" называется началом координат.

Положение любой точки на плоскости может быть определено при помощи той или иной системы координат. Числа, определяющие положение точки, называются ее координатами [2].

Добавим от себя, что в случае графиков, иллюстрирующих физические и технические тексты, числа эти являются именованными, а график демонстрирует зависимость между конкретными физическими или техническими величинами, выраженными в соответствующих единицах. В этом смысле координата является более сложной величиной, чем просто расстояние от осей на чертеже, а слова «выраженные в масштабе» требуют более глубокого осмысления.

Абсцисса — одна из декартовых координат точки, обычно первая, обозначаемая буквой  $X$  [6].

Ось, на которой надо откладывать значения независимой переменной величины, — это ось абсцисс [7].

Ордината — одна из декартовых координат, обычно вторая, обозначаемая У [6].

От себя добавим, что на графике, изображенном не для абстрактных математических аргументов и функций, а для зависимостей, наполненных конкретным физико-техническим содержанием, и в обозначении координат логичней придерживаться стандартного обозначения соответствующих физических величин.

Шкала — совокупность отметок (делений) и чисел, соответствующих ряду последовательных значений величины, откладываемой в данном направлении (по данной оси координат).

Как правило, шкала строится (деления наносятся) непосредственно на этой оси координат, хотя могут быть случаи, когда для определенной величины (для нескольких величин) линия, задающая направление шкалы с делениями на ней проводится параллельно оси координат, иногда даже вне поля координатной сетки. Прежде всего это касается графиков, на которых изображаются несколько функциональных зависимостей.

Координатная сетка — сетка, составленная из линий, параллельных осям координат, проведенных через масштабные деления на шкалах. Обычно линии координатной сетки тоньше, чем линии самих осей координат.

Масштабный множитель. Иногда почему-либо неудобно писать слишком маленькие или слишком большие числа против меток шкалы, а дольные и кратные приставки к единицам данной величины приписывать не принято (киловольты, гигаметры). В таких случаях в конце шкалы после обозначения величины указывается множитель вида  $10$  в степени  $n$ . Правильно подобрав такой множитель, можно обойтись одной-двумя цифрами в числах против меток на шкале. Однако здесь есть опасность неправильного выбора множителя. Дело в том, что запись вида  $U, B \times 10^3$ , сделанная в конце шкалы, так и должна читаться, что деление, например,  $5\text{ В}$  на этой шкале соответствует напряжению, умноженному на  $10$  в третьей степени ( $5\text{ В} = U \times 10^3$ , откуда  $U = 5\text{ В}/10^3$ ), т. е. точка графика против этого деления соответствует значению напряжения  $5\text{ мВ}$ , а не  $5000\text{ В}$ , как достаточно часто думают. Ведь истинное значение напряжения  $5\text{ мВ}$ , помноженное на  $1000$  дает  $5\text{ В}$ , что и обозначено на шкале. Это непривычное правило — источник частых ошибок в оформлении графиков (и считывании информации с них)! Именно поэтому составитель и не стал описывать в основном тексте такую возможность сокращения разрядности числа при метке на шкале. Ведь в практике учебной работы кафедры все используемые величины могут быть выражены в единицах с любыми кратными и дольными приставками. Хотя студент, пожелавший в этом разобраться,

конечно, может использовать такую возможность обозначения на шкале единиц с множителем в виде десятки в определенной степени.

#### Обозначение линии

Около линии надо поставить обозначение физической величины, функциональную зависимость которой изображает данная линия. В случае, если не получается кратко пояснить все линии на графике, их надо просто пронумеровать, пометить буквами или иными краткими условными обозначениями и в подрисуночной подписи пояснить, какую функцию каждая из помеченных таким образом линий представляет. В качестве меток могут быть использованы обозначения величин в таблице.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Атабеков, Н. А. Словарь-справочник иллюстратора научно-технической книги / Н. А. Атабеков. – М.: Книга, 1974.
2. Бронштейн, Н. И. Справочник по математике / Н. И. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы. 1957 и последующие издания.
3. Данилов, И. Я. Справочник автора книги / И. Я. Данилов – М.: Книга, 1966.
4. Памятная книга редактора / В. А. Абрамов и др. – 2-е изд. /сост. А. Э. Мильчин, 1988.
5. Словарь-справочник автора / С. Г. Абелин и др.; сост. Л.А. Гильберг и Л. И. Фрид. – М.: Книга, 1979.
6. Советский энциклопедический словарь / гл. редактор А. М. Прохоров. – 3-е изд – М.: Сов. энциклопедия, 1984.
7. Справочная книга редактора и корректора / сост. и общ. ред. А.Э.. Мильчин. – 2-е изд. – М.: Книга, 1985.

Учебное издание

### **Графики в студенческих работах**

Методические указания

Составитель ГОЛОБОРОДЬКО Евгений Иванович

Редактор Н. А. Евдокимова

Подписано в печать 30.03.2006. Формат 60х84/16.  
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 0,93  
Уч.-изд. л. 0,55. Тираж 150 экз.

Ульяновский государственный технический университет  
432027, Ульяновск, Сев.Венец, 32.

Типография УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев.Венец, 32.