

В. П. Калинин, В. П. Розен,  
А. И. Соловей, А.-М. М. Танский

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ  
ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

*Учебное пособие*



2004

УДК 311.218:084.3.35:620.9:504:330

ББК  
Э61

**Э61 Энергетический менеджмент. Графические методы обработки информации: Учебное пособие** / Калинин В. П., Розен В. П., Соловей А. И., Танский А.-М. М. – К.: Кондор. – 2004. – 104 с.: ил. – 80  
**ISBN 966-7982-65-3**

Анализируются графические методы обработки информации в энергетике, экологии, экономике. Излагаются основные понятия, приводятся необходимые сведения в описании основных элементов графиков. Рассматривается оригинальная авторская классификация основных видов графиков по форме графического изображения, способу построения и задачам изображения, теоретические основы и требования к построению графиков. Описываются особенности методики построения основных видов графиков, указываются их достоинства и недостатки. Приводится достаточное количество примеров и необходимый справочный материал. Излагаются некоторые примеры ошибок, а также общие советы при построении графиков.

Для специалистов – инженеров, энергетиков, энергоменеджеров, экологов предприятий и организаций, занимающихся практическими разработками в различных сферах энергетики, экологии, экономики, а также аспирантов, студентов; может быть использовано специалистами других отраслей знаний, в том числе гуманитарных.

**ISBN 966-7982-65-3**

© Калинин В. П., 2004  
© Розен В. П., 2004  
© Соловей А. И., 2004  
© Танский А.-М. М., 2004  
© Кондор, 2004

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	5
<b>РАЗДЕЛ 1</b>	
<b>ГРАФИК И ЕГО ЭЛЕМЕНТЫ</b> .....	7
1.1. Общие сведения о графическом методе как особой знаковой системе .....	7
1.2. Значение графического метода в анализе и обобщении данных .....	10
1.3. Требования к построению графического изображения .....	11
1.4. Элементы статистического графика.....	11
<b>РАЗДЕЛ 2</b>	
<b>КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ГРАФИКОВ</b> .....	20
2.1. Классификация графиков по форме графического изображения.....	20
2.2. Классификация графиков по способу построения и задачам изображения.....	21
<b>РАЗДЕЛ 3</b>	
<b>ДИАГРАММЫ СРАВНЕНИЯ</b> .....	24
3.1. Понятие о диаграммах сравнения .....	24
3.2. Столбиковые диаграммы.....	24
3.3. Ленточные или полосовые диаграммы .....	27
3.4. Направленные диаграммы .....	29
3.5. Диаграммы числовых отклонений .....	29
3.6. Диаграммы в виде правильных геометрических фигур .....	30
3.7. Диаграммы в виде графического изображения одной геометрической фигуры в другой .....	31
3.8. Диаграммы в виде фигур-знаков.....	33
3.9. Точечные диаграммы.....	34
3.10. Знаки Варзара.....	38
<b>РАЗДЕЛ 4</b>	
<b>СТРУКТУРНЫЕ ДИАГРАММЫ</b> .....	41
4.1. Понятие о структурных диаграммах .....	41
4.2. Ленточные (столбиковые) структурные диаграммы .....	41
4.3. Секторные диаграммы .....	42
4.4. Диаграмма Сэкэй .....	46

**РАЗДЕЛ 5**

<b>ДИАГРАММЫ ДИНАМИКИ</b> .....	48
5.1. Понятие о диаграммах динамики .....	48
5.2. Линейные диаграммы с равномерными шкалами .....	49
5.3. Линейные диаграммы на полулогарифмической сетке .....	52
5.4. Радиальные диаграммы .....	53

**РАЗДЕЛ 6**

<b>ДИАГРАММЫ РЯДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ</b> .....	56
6.1. Понятие о диаграммах рядов распределения .....	56
6.2. Полигон .....	57
6.3. Гистограмма .....	58
6.4. Кумулята .....	59
6.5. Огива .....	60
6.6. График Лоренца .....	61

**РАЗДЕЛ 7**

<b>ГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ</b> .....	64
7.1. Понятие о графических картах .....	64
7.2. Картограммы .....	64
7.3. Картодиаграммы .....	68
7.4. Универсальные графики .....	70

**РАЗДЕЛ 8**

<b>КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ</b> .....	73
8.1. Понятие о контрольных картах .....	73
8.2. Общие принципы построения и способа ведения контрольных карт .....	73

**РАЗДЕЛ 9**

<b>ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ ГРАФИКИ</b> .....	79
9.1. Понятие о взаимосвязанных графиках .....	79
9.2. Взаимосвязанные графики накопительного типа .....	79
9.3. Взаимосвязанные технологические графики .....	80

**РАЗДЕЛ 10**

<b>ОБЩИЕ СОВЕТЫ И ПРИМЕРЫ ПО ПРЕДОСТАВЛЕНИЮ ГРАФИКОВ</b> .....	82
10.1. Некорректные графики .....	82
10.2. Общие советы при построении и чтении графиков .....	85
10.3. Примеры графиков .....	87

<b>ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b> .....	97
------------------------------------	----

<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	101
--------------------------------	-----

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

Настоящее учебное пособие является частью серии научно-методических работ по энергетическому менеджменту.

Актуальность темы заключается в том, что графические методы обработки информации играют исключительно большую роль в энергетике, экологии, экономике, а также в других областях науки и практики, имеющих дело с обобщением, обработкой и анализом больших массивов информации о разнообразных явлениях и процессах. Однако, в настоящее время в украинской научной и учебной литературе, адаптированной к энергетической области знаний, вопросам классификации видов графических изображений статистических и др. данных, методики их построения уделяется недостаточно внимания.

При написании данного учебного пособия авторы ставили своей задачей заполнить имеющийся пробел. В пособии рассматривается комплекс прикладных вопросов, связанных с классификацией, способами построения и применением графических изображений, целью которых является обработка и анализ количественной информации.

При этом излагаются основные понятия, приводятся необходимые сведения в описании основных элементов графиков, без знания которых невозможно не только правильно построить любое графическое изображение, но и правильно его прочесть и понять. Рассматривается оригинальная авторская классификация основных видов графиков по форме графического изображения, способу построения и задачам изображения, теоретические основы и требования к построению графиков. Описываются особенности методики построения основных видов графиков, таких как диаграммы сравнения, структурные диаграммы, диаграммы динамики, диаграммы рядов распределения, взаимосвязанные графики, графические и контрольные карты. Указываются достоинства и недостатки основных видов графиков. Приводится достаточное количество примеров и необходимый справочный материал. Излагаются некоторые примеры ошибок, а также общие советы при построении графиков. Изучению

указанных вопросов подчинена структура работы. Она состоит из предисловия, 9 разделов и приложения. Каждый раздел содержит несколько частей, которые логически и методически связаны. В приложении приводится ряд примеров некорректных графиков, общие советы при построении и чтении графиков, ряд примеров графиков, предназначенных для дополнительной иллюстрации предыдущих разделов. В конце пособия приводятся ключевые термины и определения графических изображений, содержится список литературы.

Рисунки и таблицы пронумерованы согласно разделам и номеру в разделе. Первая цифра соответствует номеру раздела, вторая – номеру рисунка.

Наиболее эффективно различные виды графических изображений можно построить при помощи персонального компьютера (ПК), в случае, когда используются пакеты прикладных программ (Microsoft office Excel 2000 и др.). Это дает возможность с легкостью строить различные виды графиков пользователями, которые знакомы только с основами компьютерной грамотности. Методика и техника построения графических изображений с помощью Microsoft office Excel 2000 описана в литературе [21].

Представляется, что данное учебное пособие будет полезным в практической работе специалистов (инженеров, энергетиков, энергоменеджеров и др.) предприятий и организаций, занимающихся практическими разработками в различных сферах энергетики, экологии, экономики, а также ученых, аспирантов, студентов. Оно интересно и для специалистов других отраслей знаний, в том числе гуманитарных, имеющих дело с обработкой измеряемой (количественной) информации.

# РАЗДЕЛ 1

## ■ ГРАФИК И ЕГО ЭЛЕМЕНТЫ

Современную науку невозможно представить без применения графиков. Они стали средством научного анализа и обобщения. Такие свойства графиков, как выразительность, доходчивость, лаконичность, универсальность, смысловая однозначность, интернациональность, легкость кодирования, а также обозримость графических изображений сделали их незаменимыми в исследовательской и практической работе и в сопоставлениях как в технических вопросах, так и в вопросах социально-экономических явлений, в популяризации научных и практических достижений.

Впервые о технике составления статистических графиков упоминается в работе английского экономиста У. Плейфейра «Коммерческий и политический атлас», опубликованной в 1786 г. и положившей начало развитию приемов графического изображения данных [22].

### 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРАФИЧЕСКОМ МЕТОДЕ КАК ОСОБОЙ ЗНАКОВОЙ СИСТЕМЕ

Трактовка графического метода как особой знаковой системы – искусственного знакового языка – связана с развитием семиотики, науки о знаках и знаковых системах, использующихся для передачи информации. Знак в семиотике служит символическим выражением некоторых явлений, свойств или отношений. Существующие в семиотике знаковые системы принято разделять на неязыковые и языковые. Неязыковые знаковые системы – это специфические системы, которые состоят из определенных символов, условных знаков, созданных человеком в процессе познания окружающей действительности (например, шкала измерительного прибора, высота столбика ртути в термометре и т. п.). Характерным для этих знаковых систем является то, что сочетание

знаков в них приобретает смысл только тогда, когда они объединяются по определенным правилам. Эти знаковые системы не имеют общепринятого характера, а приобретают прикладное значение в рамках некоторых областей знаний.

Языковые знаковые системы, или языки, являются самыми важными и более сложными знаковыми системами в передаче информации, нежели неязыковые знаковые системы. Языки подразделяются на естественные (живая человеческая речь и знаковые системы животных) и искусственные. С точки зрения семиотики, человеческая речь, выраженная знаками-буквами, составляет естественный язык. Искусственные языковые системы используются в различных областях жизни и техники. К таким языкам относятся графики, системы математических, химических знаков, алгоритмические языки и др. Искусственные, или символические языки вместе с естественным языком, упрощают изложение специальных вопросов определенной области знаний.

Графики нашли широкое применение для передачи различного рода информации в разных сферах жизни, что обусловило разнообразие их видов. Это привело к многозначности понятия графика, отсутствию в настоящее время четких критериев терминологии и классификации.

Одним из видов графиков является график наглядного изображения количественной зависимости различных массовых явлений, процессов и т. д. Названия этих графиков различны: статистические графики, диаграммы, статистические диаграммы [21].

Другими видами графиков являются номограммы – расчетные графики, целью которых является вычисление результатов при всевозможных комбинациях частных значений переменных, от которых этот результат зависит. Номограммы являются удобным вычислительным инструментом.

К другим видам графиков относятся оргасхемы – структурные схемы организации предприятия; графики движения транспорта; графики-расписания работы предприятий, контрольно-плановые графики организации производства и т. д.

Исходя из изложенных выше задач данной работы, в ней рассматриваются графики, назначение которых состо-

ит в обработке и анализе количественной информации, т. е. статистические графики.

При этом, учитывая тот факт, что термины и понятия, используемые для обозначения графиков в книгах и компьютерных прикладных программах, не всегда совпадают, ключевые термины и определения приводятся в конце книги.

Диаграмма (от греч. *διαγραμματα* – чертеж, фигура, рисунок) представляет собой чертеж, на котором совокупности, характеризующиеся определенными показателями, с целью их обобщения и анализа описываются с помощью условных геометрических образов или знаков, являющихся графическим языком.

Графический язык имеет свои специфические особенности, которые отличают его от других искусственных языков [21, с.20]. К таким особенностям относится двухмерность записи: при передаче информации графическим языком используется два измерения – линейная последовательность размещения знаков (строка или ряд строк) и их взаимосвязь на плоскости.

Другой особенностью графического языка является непрерывность выражения, проявляющаяся в том, что информация, передаваемая с помощью графического языка, представляется посредством системы взаимосвязанных знаков, а не отдельных линейно расположенных дискретных знаков. Этим язык графиков существенным образом отличается от других искусственных языков, например, математического, для которого характерна дискретность знаков и линейная последовательность их расположения.

Еще одной особенностью графического языка является обособленность изложения. Информация, передаваемая графическим языком, обычно обособляется от непосредственно связанной с ней по содержанию информации, представленной в словесной или письменно – текстовой форме. Обособленность изложения графического языка непосредственно вытекает из его природы, его способности адекватно передавать количественные и отвлеченные качественные характеристики изучаемых явлений и выявлять из исходной информации новые свойства и особенности, находящиеся в ней в скрытом состоянии.

К особенностям графического языка также относится его метричность и наглядность. Метричность, т.е. использование в графиках масштабных шкал и условных обозначений, позволяет определить отдельные показатели, уровни и размеры изучаемых явлений. Представление информации в виде графика более наглядно и доступно, чем табличное, оно позволяет лучше осмыслить результаты наблюдения, правильно их истолковать, получить новое знание о предмете исследования, обобщая исходную информацию.

Существенной особенностью графического языка является его совместимость – легкость и гибкость объединения знаков графического языка между собой и со знаками других языковых и неязыковых знаковых систем.

Все эти особенности графического языка, являющиеся его основными признаками, раскрывают природу графического языка, что позволяет выделить его в самостоятельное, специфическое средство отображения объективной действительности [21, с.20].

## **1.2. ЗНАЧЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА В АНАЛИЗЕ И ОБОБЩЕНИИ ДАННЫХ**

Значение графического метода в анализе и обобщении данных велико. Графическое изображение прежде всего позволяет осуществить контроль достоверности статистических показателей, так как представленные на графике они более ярко показывают имеющиеся неточности, вызванные разными причинами. С помощью графического изображения возможно изучение закономерностей развития явления, установление существующих взаимосвязей. Простое сопоставление данных не всегда дает возможность уловить наличие причинных зависимостей, тогда как их графическое изображение способствует выявлению причинных связей, в особенности в случае установления первоначальных гипотез, подлежащих затем дальнейшей разработке. Графики широко используются для изучения структуры явлений, их изменения во времени и размещения в пространстве. В них более выразительно проявляются сравниваемые характе-

ристики и отчетливо видны основные тенденции развития и взаимосвязи, присущие изучаемому явлению или процессу.

## **1.3. ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТРОЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ**

При построении графического изображения следует соблюдать ряд требований. Прежде всего, график должен быть достаточно наглядным, так как весь смысл графического изображения как метода анализа в том и состоит, чтобы наглядно изобразить статистические показатели. Кроме того, график должен быть доходчивым и понятным.

## **1.4. ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО ГРАФИКА**

Для выполнения вышеперечисленных требований каждый график должен включать ряд основных элементов: графический образ; поле графика; пространственные ориентиры; масштабные ориентиры; экспликацию.

Графический образ (основа графика) – это геометрические знаки, т.е. совокупность точек, линий, фигур, с помощью которых изображаются статистические показатели. Важно правильно выбрать графический образ, который должен соответствовать цели графика и способствовать наибольшей выразительности изображаемых данных. Графическими являются лишь те образы, в которых свойства геометрических знаков – фигура, размер линий, расположение частей – имеют существенное значение для выражения содержания изображаемых величин, причем каждому изменению выражаемого содержания соответствует изменение графического образа.

Поле графика – это часть плоскости, где расположены графические образы. Поле графика имеет определенные размеры, которые зависят от его назначения. Рекомендуется использовать поле графика с соотношением короткой и длинной сторон  $1:\sqrt{2}$  т.е.  $1 : 1,41$ . Такое соотношение сторон принято для стандартной потребительской бумаги (форматы А и В) Международной организацией по стандартизации (ISO).

Пространственные ориентиры графика задаются в виде системы координатных сеток. Система координат необходима для размещения геометрических знаков в поле графика. Система координат – это совокупность элементов, определяющих положение точки на прямой или кривой линии, на плоскости или в пространстве. Существуют разные системы координат. Наиболее распространенной является система прямоугольных (декартовых) координат вследствие простоты ее построения, выразительности различных соотношений и зависимостей между изображаемыми величинами. Прямоугольная система координат образуется совокупностью двух пересекающихся перпендикулярных прямых, называемых осями координат (рис. 1.1). Горизонтальная ось координат называется осью абсцисс, осью  $X$ , или осью  $OX$ , а вертикальная ось – осью ординат, осью  $Y$ , или осью  $OY$ . Точка пересечения двух координатных осей ( $0$ ) называется началом координат, а плоскость, в которой задана система координат, – координатной плоскостью.

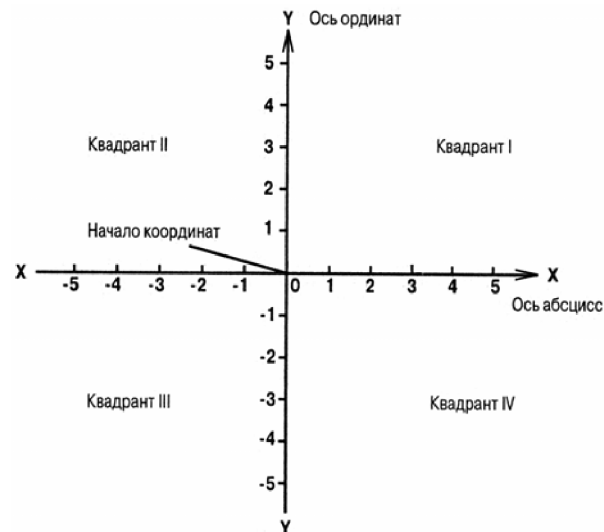


Рис. 1.1. Прямоугольная система координат

Направление вправо вверх от начала координат считается положительным, влево и вниз – отрицательным. Поле

диаграммы делится осями координат на четыре сектора, которые называются квадрантами и обозначаются римскими цифрами I–IV против часовой стрелки, начиная с верхнего правого квадранта. Первый квадрант используется для изображения положительных величин, третий – только отрицательных, а второй и четвертый – положительных и отрицательных величин. Поскольку в статистике чаще всего имеют дело с положительными величинами, то при построении диаграмм используют в основном первый квадрант. Для облегчения построения и чтения диаграммы ее поля в пределах осей координат покрывают параллельными горизонтальными и вертикальными линиями, которые в совокупности образуют так называемую координатную (или числовую) сетку, каждая линия которой на всем своем протяжении имеет одно числовое значение.

Линии сетки не должны резко выделяться по сравнению с линиями графического образа, как правило, они бывают тоньше линий графического образа. Густота линий сетки должна быть разной в зависимости от целей и назначения диаграммы. Для статистических диаграмм предпочтительнее использовать относительно редкую сетку. В тоже время, количество линий координатной сетки должно быть достаточным для того, чтобы можно было на глаз установить значение изображенных данных. В отдельных случаях, особенно в диаграммах, предназначенных для популяризации данных, координатную сетку не строят.

В практике графического изображения применяется также полярная система координат. Она необходима для изображения циклического движения во времени.

Полярная система координат строится вокруг определенной точки  $O$ , называемой полюсом или центром вращения, и полярной оси  $OX$ , расположенной на прямой линии (рис. 1.2).

В полярной системе координат положение любой точки  $M$  определяется двумя координатами, одна из которых представляет собой расстояние данной точки от полюса, другая – угол между полярной осью и прямой, соединяющей полюс с данной точкой. Эти координаты называются соответственно полярным радиусом и полярным углом. По-

лярный угол отсчитывается от полярной оси против часовой стрелки. На рис. 1.2 отрезок  $OM$  и угол  $MOM' = \alpha$  являются полярными координатами точки  $M$ .

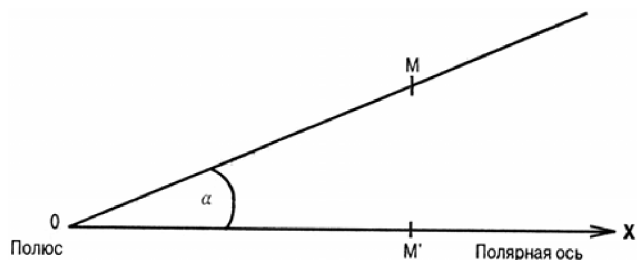


Рис. 1.2. Полярная система координат

Для удобства построения и чтения диаграммы в полярной системе координат строится координатная сетка в виде концентрических окружностей с центром в полюсе. При этом деления шкалы могут быть произвольными. Такая координатная сетка называется радиальной (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Координатная сетка полярной системы координат

Полярная система координат наиболее эффективно используется при изображении сезонных и циклических колебаний. Здесь их применение более целесообразно, чем прямоугольная система координат.

Масштабные ориентиры графика определяются масштабом и системой масштабных шкал. Масштаб графика – это мера перевода числовой величины в графическую.

Масштабной шкалой называется линия, отдельные точки которой могут быть прочитаны как определенные числа. Шкала имеет большое значение в графике и включает три элемента: линию – носитель шкалы; определенное число графических интервалов, расположенных на носителе шкалы в определенном порядке; цифровое обозначение чисел, соответствующее графическим интервалам. Как правило, цифровым обозначением снабжаются не все деления, а лишь некоторые из них. По правилам числовое значение необходимо помещать строго против соответствующих делений, а не между ними (рис.1.4).

Носитель шкалы может представлять собой как прямую, так и кривую линии. Поэтому различают шкалы прямолинейные (миллиметровая линейка) и криволинейные – дуговые и круговые (циферблат часов). Носитель шкалы имеет предел, соответствующий длине шкалы.



Рис. 1.4. Масштабная шкала

Графические и числовые интервалы бывают равными и неравными. Если на всем протяжении шкалы равным графическим интервалам соответствуют равные числовые, такая шкала называется равномерной. Когда же равным числовым интервалам соответствуют неравные графические интервалы и наоборот, шкала называется неравномерной.

Масштабом равномерной шкалы называется длина отрезка (графический интервал), принятого за единицу и измеренного в каких-либо мерах. Чем меньше масштаб (рис.1.5), тем гуще располагаются на шкале точки, имеющие одно и то же значение. Построить шкалу – это значит заданный носитель шкалы разметить графическими интервалами с соответствующими числовыми обозначениями согласно условиям задачи.



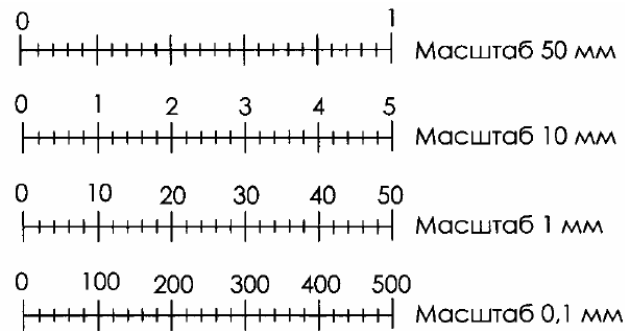


Рис. 1.5. Масштабы

Как правило, масштаб определяется примерной прикидкой возможной длины шкалы и ее пределов. Например, на поле в 20 клеток надо построить шкалу от 0 до 850. Так как 850 не делится удобно на 20, то округляем число 850 до ближайшего удобного числа, в данном случае 1000 ( $1000 : 20 = 50$ ), т. е. в одной клетке 50, а в двух клетках 100; следовательно, масштаб – 100 в двух клетках.

Из неравномерных шкал наибольшее распространение имеет десятичная логарифмическая шкала.

Основная идея логарифмической шкалы состоит в том, что в ней интервалы пропорциональны не изображаемому величинам, а их логарифмам. Такой подход имеет преимущество: возможность уменьшения размеров больших чисел через их логарифмические эквиваленты. Однако график с масштабной шкалой в виде логарифмов малодоступен для понимания. Необходимо рядом с линиями логарифмов, обозначенными на масштабной шкале, проставить сами числа, характеризующие уровни изображаемого показателя.

Методика построения логарифмической шкалы следующая.

На логарифмической шкале начало отсчета начинается не от 0, а от 1, так как  $\lg 1 = 0$ . Деления логарифмической шкалы размещаются на постоянно уменьшающемся расстоянии друг от друга. Например, если длина шкалы равна 10 см, первое деление шкалы, соответствующее числу 2, будет расположено от начала отсчета шкалы на расстоянии 3,1, а второе, соответствующее числу 3, – на расстоянии 4,77

и т. д. Полученная логарифмическая шкала изображена на рис. 1.6.

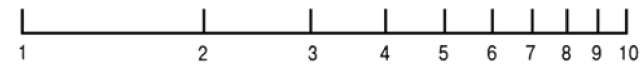


Рис. 1.6. Прямолинейная логарифмическая шкала

Неравномерные интервалы логарифмической шкалы обусловлены тем, что разность логарифмов двух чисел является постоянной величиной при заданном отношении данных чисел независимо от их абсолютных значений. Графически это свойство выражается в том, что расстояние между делениями 2 и 3 то же, что и между делениями 4 и 6 или 6 и 9, а в числах оно выражается в том, что разность логарифмов указанных чисел также является постоянной величиной, равной 0,176.

Графические интервалы логарифмической шкалы, соответствующие числовым интервалам: 1 – 10, 10 – 100, 100 – 1000 и т. д., имеют одинаковую длину и называются циклами или модулями. Деления шкалы в каждом отдельном цикле располагаются одинаково, потому что числа каждого цикла отличаются от предыдущего в 10 раз, следовательно, их логарифмы имеют одинаковые мантиссы и различаются только характеристиками. Например, в интервале 1 – 10 характеристика чисел равна 0, от 10 до 100 – 1, от 100 до 1000 – 2; мантиссы же чисел, скажем, 2, 20, 200, равны одному и тому же числу – 301. Следовательно, в логарифмической шкале повторяются совершенно идентичные по своему построению циклы, которые могут замещать друг друга.

Чтобы облегчить построение и чтение диаграммы, через деления логарифмической шкалы обычно проводят прямые линии, которые образуют соответствующую координатную сетку.

Если логарифмическая шкала нанесена на обе оси координат, то координатная сетка называется логарифмической, а если логарифмическая шкала нанесена только на одну из осей координат, координатная сетка называется полулогарифмической. Она имеет очень широкое распространение в диаграммах.

Наиболее часто логарифмический масштаб наносится на ось ординат, а на оси абсцисс располагают равномерную шкалу для отсчета времени по принятым интервалам (годам, кварталам, месяцам, дням и пр.).

Важным элементом графика является экспликация. Каждый график должен иметь словесное описание его содержания. Оно включает в себя название графика, передающее в краткой форме его содержание, подписи вдоль масштабных шкал и пояснения к отдельным частям графика, раскрывающие смысл отдельных элементов графического образа.

Общий заголовок диаграммы должен ясно, точно и кратко, желательно одним предложением, раскрывать ее основное содержание и давать характеристику места и времени, к которым относятся приведенные данные.

На каждой масштабной шкале диаграммы должны быть кратко указаны располагаемые на них величины, а также соответствующие им единицы измерения. Числовые обозначения располагают следующим образом: на горизонтальной шкале (оси абсцисс) – под ней, слева направо в порядке возрастания, а на вертикальной шкале (оси ординат) – слева от нее, снизу вверх в порядке их возрастания. Чтобы правильно обозначить числом начало координатных осей, необходимо выполнять правило: если обе оси имеют нуль в начале координат, то нуль наносится только один раз, если же одна или обе координатные оси начинаются не с нуля, то в начале координат наносятся два числа. Название показателей, которые относятся к оси абсцисс, записывают под осью или рядом с ней справа, а те, что относятся к оси ординат, – под этой осью или рядом с ней слева, снизу вверх.

Числовые обозначения на масштабных шкалах позволяют лишь ориентировочно определить количественные изменения изображаемого явления. Поэтому диаграмма всегда должна сопровождаться данными, которые могут быть приведены или на самой диаграмме, или рядом с ней в виде отдельной таблицы.

Объяснительные надписи, которые раскрывают содержание отдельных элементов графического образа, могут помещаться или на самой диаграмме в виде так называемых

ярлыков, или в виде легенды – специально вынесенных за пределы графического образа условных обозначений. В случае применения ярлыков надписи должны быть по возможности более краткими, но точными и размещены таким образом, чтобы было совершенно ясно, к какому элементу графического образа они относятся. Ярлыки удобнее легенды тем, что требуют меньше зрительных усилий при чтении диаграммы. Легенда применяется в тех случаях, когда надписи из-за недостатка места на поле диаграммы размещать неудобно или они слишком длинные. Особенно целесообразна легенда в том случае, если ее можно использовать для нескольких диаграмм.

Диаграмма может сопровождаться примечаниями, в которых указаны источники данных, раскрыты содержание и методика их получения.

Надписи на диаграмме для удобства чтения рекомендуется размещать горизонтально.

# РАЗДЕЛ 2

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ГРАФИКОВ

Существует множество видов графических изображений. Их классификация применительно к целям графической обработки статистических данных в энергетике, экономике, экологии следующая:

- а) по форме графического образа;
- б) по способу построения и задачам изображения.

### 2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГРАФИКОВ ПО ФОРМЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Формы графического образа разнообразны: геометрические и фигурные (негеометрические) знаки с плоскостным или объемным изображением. В соответствии с этим различают графики точечные, линейные, плоскостные и пространственные (объемные).

При построении точечных диаграмм в качестве графических образов применяются совокупности точек; при построении линейных – линии, изолинии. Основной принцип построения всех плоскостных диаграмм сводится к тому, что величины изображаются в виде геометрических фигур и, в свою очередь, подразделяются на столбиковые, полосовые, круговые, секторные, квадратные и фигурные, фоновые. Эти же принципы построения относятся и к объемным графикам, кроме того, к ним относится особая форма объемного графического образа – поверхностное распределение, отражающее зависимость одновременно трех величин.

Классификация графиков по форме графического образа приведена на рис. 2.1.

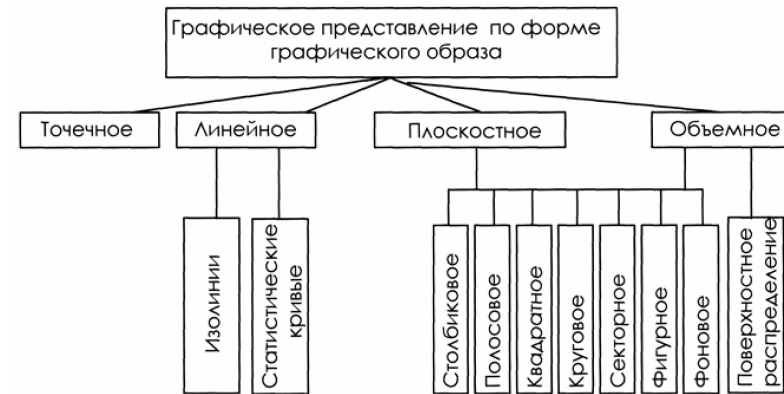


Рис. 2.1. Классификация графиков по форме графического образа

### 2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ГРАФИКОВ ПО СПОСОБУ ПОСТРОЕНИЯ И ЗАДАЧАМ ИЗОБРАЖЕНИЯ

По способу построения и задачам изображения графики делятся на диаграммы, графические карты, контрольные карты, взаимосвязанные графики (рис. 2.2).

Диаграммы являются наиболее распространенным способом графических изображений. Они – графики количественных отношений. Виды и способы их построения разнообразны. Диаграммы применяются для наглядного сопоставления в различных аспектах (пространственном, временном и др.) независимых друг от друга величин: выработки электроэнергии, генерируемой мощности, потребляемой электроэнергии и т. д. При этом сравнение исследуемых совокупностей производится по какому-либо существенному варьирующему признаку.

В зависимости от круга решаемых задач выделяют диаграммы сравнения, структуры, динамики, накопления, рядов распределения величин вариационного ряда.

Графические карты – графики количественного распределения признаков по поверхности или во времени. По своей основной цели они близко примыкают к диаграммам и специфичны лишь в том отношении, что представляют собой условные изображения данных на карте пространства или времени, т. е. показывают пространственное или временное

размещение или распространенность данных. Они подразделяются на универсальные графики и статистические карты (картограммы, картодиаграммы).

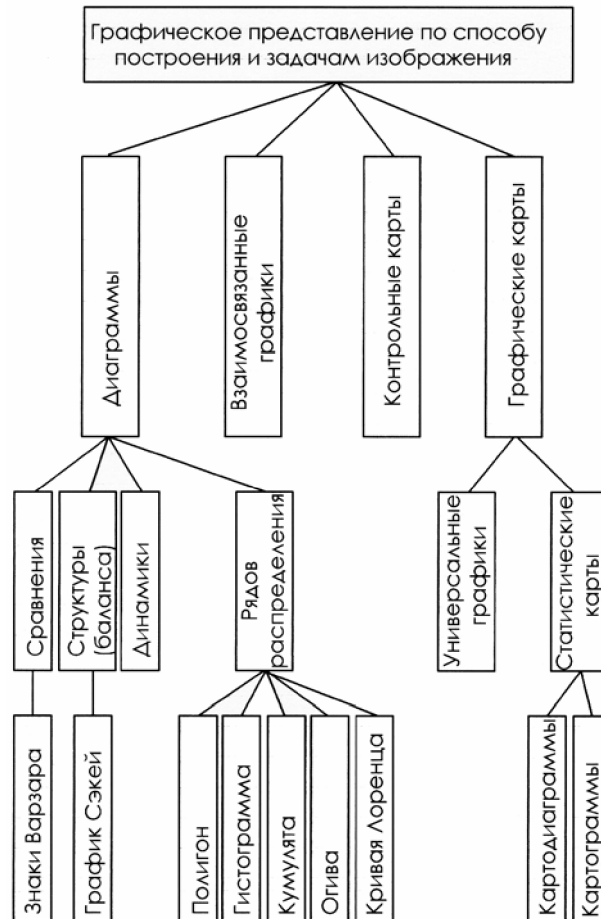


Рис. 2.2. Классификация графиков по способу построения и задачам изображения

Контрольные карты – вид графических изображений данных и контрольного диапазона, которые позволяют проводить текущий контроль производственного процесса на промышленном предприятии и прогнозировать его развитие.

Взаимосвязанные графики – вид графических изображений, отражающих временное изменение взаимосвязанных разнообразных показателей. Они подразделяются на накопительные и технологические. Более подробные характеристики указанных выше графиков приведены в соответствующих разделах.

Перечисленные виды графиков не являются исчерпывающими, но они наиболее часто употребляемы.

## ■ ДИАГРАММЫ СРАВНЕНИЯ

### 3.1. ПОНЯТИЕ О ДИАГРАММАХ СРАВНЕНИЯ

Основное назначение диаграмм сравнения заключается в графическом сопоставлении показателей, что способствует более глубокому и наглядному анализу изучаемых данных.

Диаграммы сравнения по форме графического образа разнообразны: столбиковые диаграммы, которые имеют разновидности – ленточные (полосовые), направленные, диаграммы числовых отклонений; в виде правильных геометрических фигур; фигур – знаков; знаков Варзара.

### 3.2. СТОЛБИКОВЫЕ ДИАГРАММЫ

Среди диаграмм сравнения наиболее распространены являются столбиковые диаграммы, принцип построения которых состоит в изображении показателей в виде поставленных по вертикали прямоугольников – столбиков. Каждый столбик изображает величину отдельного уровня исследуемого ряда. Таким образом, сравнение показателей возможно потому, что все они выражены в одной единице измерения.

При построении столбиковых диаграмм необходимо начертить систему прямоугольных координат, в которой располагаются столбики. На горизонтальной оси располагаются основания столбиков, величина их основания определяется произвольно, но устанавливается одинаковой для всех.

Шкала, определяющая масштаб столбиков по высоте, расположена по вертикальной оси. Величина каждого столбика по вертикали соответствует размеру изображаемого на графике показателя. Таким образом, у всех столбиков, составляющих диаграмму, переменной величиной является

только одно измерение. Покажем построение столбиковой диаграммы (рис. 3.1) по данным табл. 3.1 [11], характеризующим производство электрической энергии в Хмельницкой области в 1996–2002 гг.

Таблица 3.1. Производство электрической энергии в Хмельницкой области в 1996–2002 гг.

Годы	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Млн. кВт·ч	4935,1	6593,1	5871,4	5929,9	6333,1	6306,7	6410,8
						Прогноз 2000 года	

В соответствии с изложенными выше правилами на горизонтальной оси размещаются основания 7 столбиков на одинаковом расстоянии друг от друга. Наглядность данной диаграммы достигается сравнением величины столбиков.

Изображение столбиков в поле графика может быть различным:

- двумерным (рис. 3.1);
- объемным с прямоугольными столбиками (рис. 3.2);
- объемным с цилиндрическими столбиками (рис. 3.3).

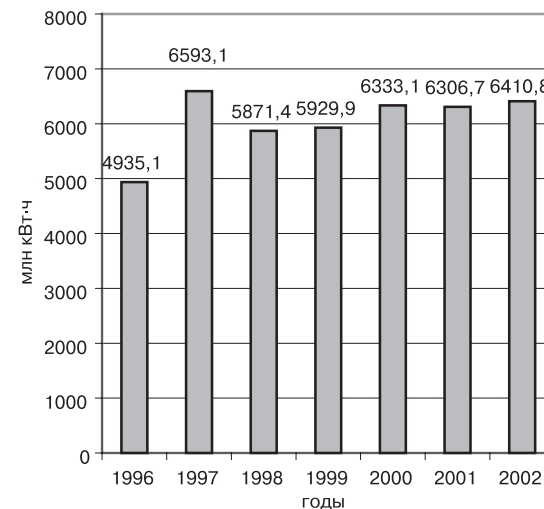


Рис. 3.1. Производство электрической энергии в Хмельницкой области в 1996–2002 гг. [11]

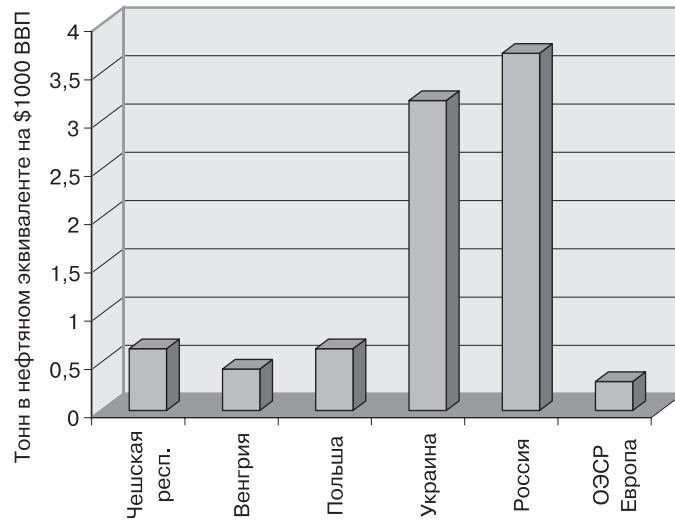


Рис. 3.2. Сравнение энергоёмкости производства ВВП в Украине со странами Европы в 1993 г. [6]

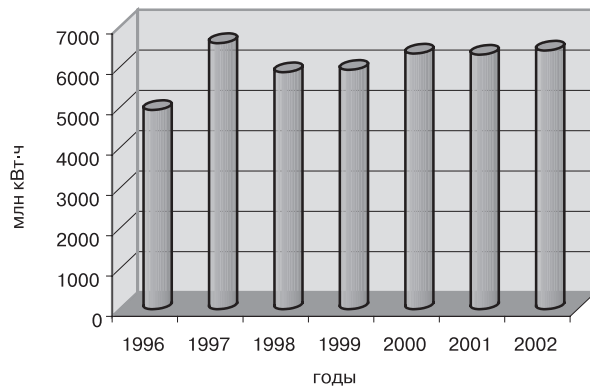


Рис. 3.3. Производство электрической энергии в Хмельницкой области в 1996–2002 гг. [11]

Необходимо помнить, что объемные диаграммы, создающие впечатление глубины, могут иметь искажения и давать неправильное представление о сравниваемых изображенных показателях.

Правила построения столбиковых диаграмм допускают одновременное расположение на одной горизонтальной оси изображений нескольких показателей. В этом случае столбики располагаются группами, для каждой из которых может быть принята разная размерность варьирующих признаков (рис. 3.4).

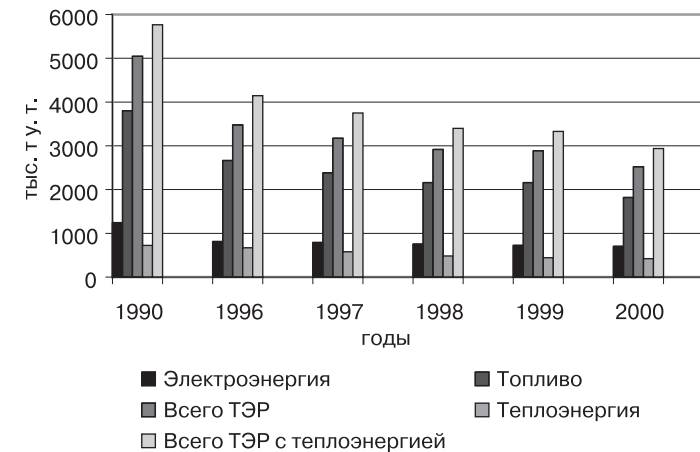


Рис. 3.4. Объемы потребления ТЭP по Хмельницкой области [11]

### 3.3. ЛЕНТОЧНЫЕ ИЛИ ПОЛОСОВЫЕ ДИАГРАММЫ

Разновидности столбиковых диаграмм составляют так называемые ленточные или полосовые диаграммы. Их отличие от столбиковых диаграмм состоит в том, что масштабная шкала расположена по горизонтали сверху или внизу, и она определяет величину полос по длине. Область применения столбиковых и полосовых диаграмм одинакова, идентичны также правила их построения. Одномерность изображаемых показателей и их одномасштабность для различных столбиков и полос требуют выполнения единственного положения: соблюдения соразмерности (столбиков – по высоте, полос – по длине) и пропорциональности изображаемым величинам. Для выполнения этого требования необходимо, во-первых, чтобы шкала, по которой устанавливается размер столбика (полосы), начиналась с нуля; во-вторых, эта шкала должна быть непрерывной, т. е. охватывать все числа

данного ряда. Разрыв шкалы и соответственно столбиков (полос) не допускается. Невыполнение указанных правил приводит к искаженному графическому представлению анализируемого материала. В качестве примера приведем полосовую диаграмму сравнения по данным табл. 3.2 (рис. 3.5) [11].

Таблица 3.2. Объемы потребления ТЭР по Хмельницкой области

Год	Электроэнергия		Топливо		Теплоэнергия		Всего ТЭР 100%
	тыс. т у.т.	%	тыс. т у.т.	%	тыс. т у.т.	%	
1990	1243,7	21,57	3800	65,89	723,1	12,54	5766,9
1996	811	19,57	2664	64,29	668,6	16,14	4143,6
1997	789,5	21,05	2382,9	63,55	577,4	15,40	3749,8
1998	754,7	22,20	2160,3	63,56	484	14,24	3399
1999	726	21,81	2160,3	64,90	442,3	13,29	3328,6
2000	701,9	23,89	1817,7	61,86	419	14,25	2938,6

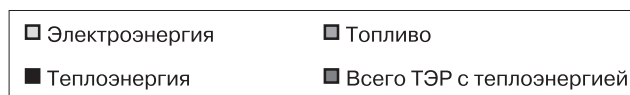
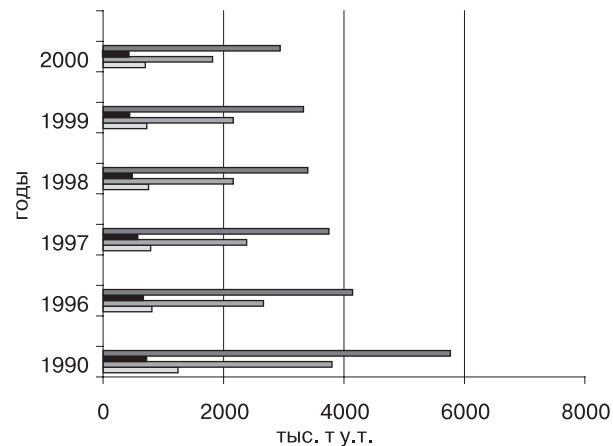


Рис. 3.5. Объемы потребления ТЭР по Хмельницкой обл. в тыс. т у.т.

### 3.4. НАПРАВЛЕННЫЕ ДИАГРАММЫ

Разновидностью столбиковых (ленточных) диаграмм являются направленные диаграммы. Они отличаются от них двусторонним расположением столбиков или полос и имеют начало отсчета по масштабу в середине. Обычно такие диаграммы применяются для изображения величин противоположного качественного значения. Сравнение между собой столбиков (полос), направленных в разные стороны, менее эффективно, чем расположенных рядом в одном направлении. Несмотря на это, анализ направленных диаграмм позволяет делать достаточно содержательные выводы, так как особое расположение придает графику яркость изображения, как это видно на примере графика рис. 3.6, построенного по данным табл. 3.2.

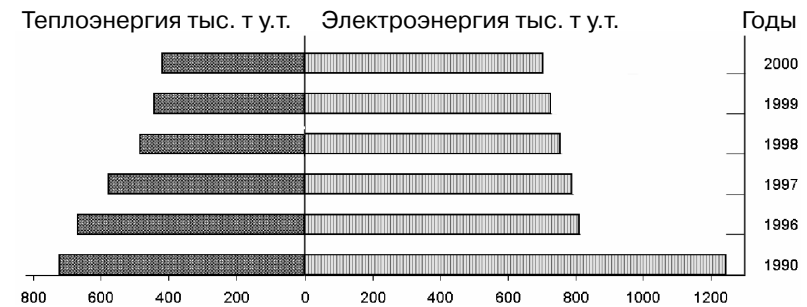


Рис. 3.6. Объемы потребления ТЭР по Хмельницкой области

### 3.5. ДИАГРАММЫ ЧИСЛОВЫХ ОТКЛОНЕНИЙ

К группе двусторонних относятся диаграммы числовых отклонений. В них полосы направлены в обе стороны от вертикальной нулевой линии: вправо – для прироста; влево – для уменьшения. С помощью таких диаграмм удобно изображать отклонения от плана или некоторого уровня, принятого за базу сравнения. Важным достоинством рассматриваемых диаграмм является возможность видеть размах изменения изучаемого статистического признака, что само по себе имеет большое значение для экономического анализа.

### 3.6. ДИАГРАММЫ В ВИДЕ ПРАВИЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР

Для простого сравнения независимых друг от друга показателей могут также использоваться диаграммы, принцип построения которых состоит в том, что сравниваемые величины изображаются в виде правильных геометрических фигур, которые строятся так, чтобы площади их относились между собой как количества, изображаемые этими фигурами. Иными словами, эти диаграммы выражают величину изображаемого явления размером своей площади.

Для получения диаграмм рассматриваемого типа используют разнообразные геометрические фигуры – квадрат, круг, реже – прямоугольник. Известно, что площадь квадрата равна квадрату его стороны, а площадь круга пропорциональна квадрату его радиуса. Поэтому для построения диаграмм необходимо сначала из сравниваемых величин извлечь квадратный корень. Затем на базе полученных результатов определить сторону квадрата или радиус круга соответственно принятому масштабу. Например, если изобразить в виде круга объем потребления топлива по Хмельницкой области в 1990 г., то сначала нужно извлечь квадратные корни из данных цифр (табл. 3.2) [11].

Таблица 3.3. Объем потребления топлива по Хмельницкой области

Год	Уголь		Природный газ		Дрова		Топочный мазут		Всего	
	тыс. т у.т.	%	тыс. т у.т.	%	тыс. т у.т.	%	тыс. т у.т.	%	тыс. т у.т.	%
1990	306,7	11,6	1546,5	58,6	10,3	0,4	775,8	29,4	2639,3	100
2000	99,3	6,9	1244,2	86,9	33,8	2,4	54	3,8	1431,3	100

Это составит: для угля – 17,51; природного газа – 39,33; дров – 3,21; топочного мазута – 27,85. Затем установить масштаб и по этим данным построить круги (рис. 3.7).

Для правильного построения диаграмм квадраты или круги необходимо расположить на одинаковом друг от друга расстоянии, и для каждой фигуры указать числовое значение, которое она изображает, не приводя масштаба измерения (рис. 3.8) [12, с. 51].



Рис. 3.7. Объем потребления топлива, тыс. т у.т., по Хмельницкой области в 1990 г.

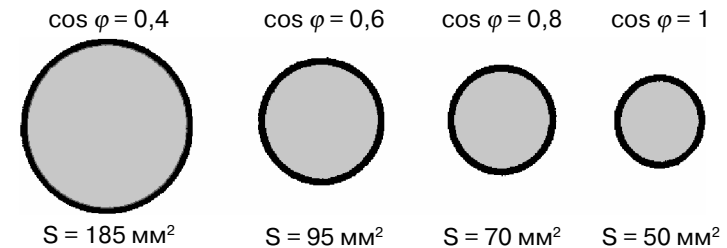


Рис.3.8. Диаграмма сечений жил трехфазной кабельной линии, передающей одинаковую активную мощность при разных  $\cos \varphi$  установок потребителей

### 3.7. ДИАГРАММЫ В ВИДЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ОДНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФИГУРЫ В ДРУГОЙ

К рассматриваемому виду диаграмм относится графическое изображение, полученное путем построения одной в другой различных геометрических фигур (квадратов, кругов, прямоугольников и др.) с различной заштриховкой или закраской. При этом в случае построения диаграмм в виде кругов один в другом (рис. 3.9) сравниваются не диаметры окружностей, а угловые размеры секторов, отражающие объем потребления топлива по Хмельницкой области в % к общему объему потребления за 1990, 2000 гг. (табл. 3.3). Такие диаграммы позволяют сравнивать между собой ряд исследуемых величин. По данным табл. 3.4 [11], на рис. 3.10 показан вариант круговой диаграммы, где сравниваются площади кругов. О правилах построения таких диаграмм сказано выше.



Таблица 3.4. Использование теплоэнергии по Хмельницкой области

Год	Производственные нужды в тыс. т у.т.
1990	547,7
1996	441,7
1997	364
1998	289,5

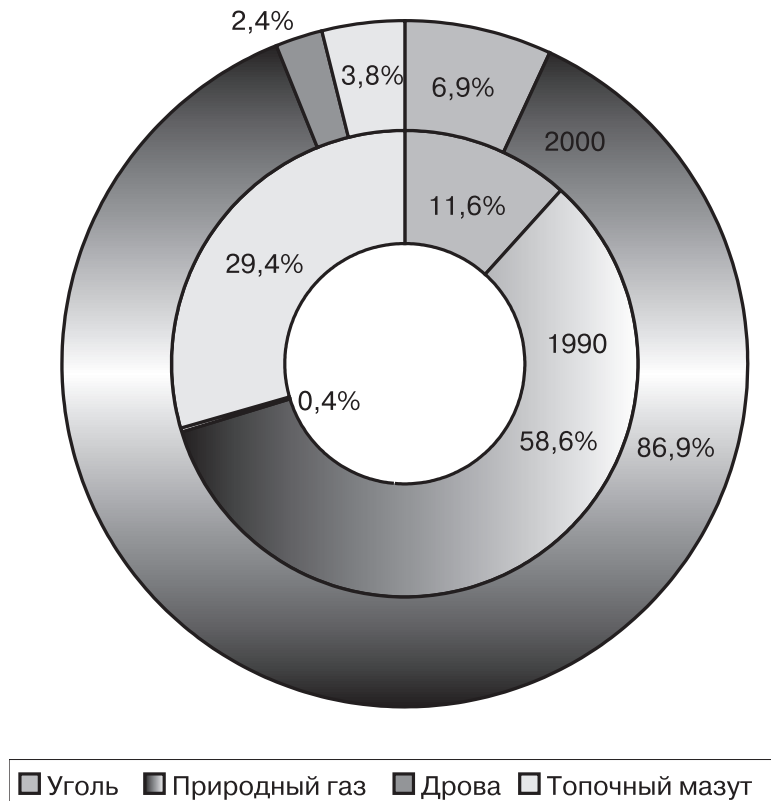


Рис. 3.9. Объем потребления топлива по Хмельницкой области (в % к общему объему потребления) в 1990–2000 гг.

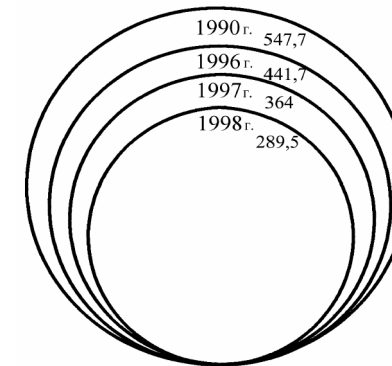


Рис. 3.10. Использование теплоэнергии по Хмельницкой области на производственные нужды в тыс. т у. т.

### 3.8. ДИАГРАММЫ В ВИДЕ ФИГУР-ЗНАКОВ

Наиболее выразительным и легко воспринимаемым является способ построения диаграмм сравнения в виде фигур – знаков, примером которых является рис. 3.11, построенный по данным табл. 3.4. В этом случае статистические совокупности изображаются не геометрическими фигурами, а символами или знаками, воспроизводящими в какой-то степени внешний образ анализируемых данных. Достоинство такого способа графического изображения заключается в высокой степени наглядности в получении подобного отображения, отражающего содержание сравниваемых совокупностей.

Для правильного построения фигурных диаграмм, необходимо выбрать масштаб, определить единицу счета. В качестве последней принимается отдельная фигура (символ), которой условно присваивается конкретное численное значение. А исследуемая величина изображается отдельным количеством одинаковых по размеру фигур, последовательно располагающихся на рисунке. Однако в большинстве случаев не удастся изобразить показатель целым количеством фигур. Последнюю из них приходится делить на части, так как по масштабу один знак является слишком крупной единицей измерения. Обычно эта часть определяется на глаз.

Сложность точного ее определения является недостатком фигурных диаграмм. Однако, если большая точность представления данных не преследуется, то результаты получают вполне удовлетворительными.

Как правило, фигурные диаграммы широко используются для популяризации данных и рекламы.

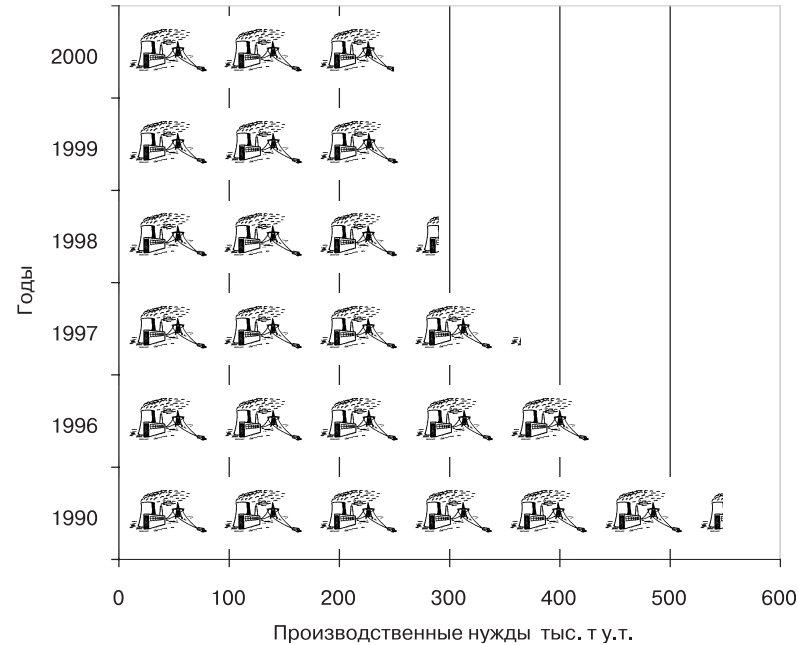


Рис. 3.11. Использование тепловой энергии в 1990–2000 гг. в Хмельницкой области на производственные нужды

### 3.9. ТОЧЕЧНЫЕ ДИАГРАММЫ

Широко распространенными диаграммами сравнения являются точечные диаграммы, принцип построения которых состоит в изображении показателей в виде поставленных на плоскости точек. Каждая точка изображает величину отдельного уровня исследуемого ряда.

При построении точечных диаграмм необходимо начертить систему прямоугольных координат, в которой располагаются точки. На горизонтальной оси располагается равномерная шкала одной из сравниваемых величин, на

вертикальной – шкала другой величины (чаще всего удельный показатель). Точечная диаграмма является наглядной и выразительной лишь при небольшом числе частей совокупности, в противном случае ее применение малоэффективно.

Примеры точечных диаграмм приведены на рис. 3.12 по данным табл. 3.5 [9, с. 50] и на рис. 3.13 по данным табл. 3.6, в которой использованы данные [9, с. 29, табл. 4.3]. Приведенные примеры являются графиками на полулогарифмической сетке.

Таблица 3.5. Мировая атомная энергетика в 1999 г.

Страна	Количество действующих энергоблоков	Всего стран	Выработка электроэнергии, млрд. кВт·ч	Доля от общего производства электроэнергии в стране, %
Армения	1	6	2,08	36,36
Бразилия			3,98	1,32
Нидерланды			3,4	4,02
Пакистан			0,69	1,2
Румыния			4,81	10,69
Словения			4,49	36,23
Аргентина	2	4	6,59	9,04
Литва			9,86	73,11
Мексика			9,56	4,98
Южная Африка			13,47	7,41
Китай	3	1	14,1	1,15
Венгрия	4	3	14,1	38,3
Финляндия			22,07	33,05
Чехия			13,36	20,77
Швейцария	5	1	23,52	36,03
Болгария	6	3	14,53	47,12
Словакия			13,12	47,02
Тайвань			36,9	25,32
Бельгия	7	1	46,6	57,74
Испания	9	1	56,47	30,99
Индия	11	2	11,45	2,65
Швеция			71	46,8
Канада	14	1	74	12,7
Украина	16	2	67,35	43,77
Южная Корея			97,82	42,84
Германия	20	1	160,4	31,21
Россия	29	1	110,91	14,41
Великобритания	35	1	91,19	28,87
Япония	53	1	306,9	36
Франция	59	1	375	75
США	104	1	719,4	19,54
Всего	436	31	2394,63	–

Таблица 3.6. Концентрация генерирующих мощностей по регионам Украины

Область	Площадь тыс. км <sup>2</sup>	Население тыс. чел.	Концентрация генерирующих мощностей		Мощность МВт
			кВт/км <sup>2</sup>	кВт/ чел	
Автономная Республика Крым	27	2632,40	13,90	0,15	375,30
Волинская	20,2	1078,3	–	–	–
Винницкая	26,5	1889,70	69,00	0,950	1828,50
Днепропетровская	31,9	3888,80	164,50	1,35	5247,55
Донецкая	26,5	5266,90	381,90	1,9	10120,35
Житомирская	29,9	1493,10	0,15	0,003	4,49
Закарпатская	12,8	1288,10	2,90	0,03	37,12
Запорожская	27,2	2094,80	329,10	4,3	8951,52
Ивано-Франковская	13,9	1466,80	182,10	1,8	2531,19
Киевская (с г. Киевом)	28,9	4554,00	238,00	1,52	6878,20
Кировоградская	24,6	1236,20	1,13	0,022	27,80
Луганская	26,7	2827,10	70,50	0,66	1882,35
Львовская	21,8	2770,30	32,00	0,25	697,60
Николаевская	24,6	1352,10	123,70	2,29	3043,02
Одесская	33,3	2606,50	2,00	0,026	66,60
Полтавская	28,8	1752,80	8,85	0,14	254,88
Ровенская	20,1	1194,50	91,00	1,56	1829,10
Сумская	23,8	1411,10	0,55	0,009	13,09
Тернопольская	13,8	1177,70	1,10	0,013	15,18
Харьковская	31,4	3123,30	89,70	0,88	2816,58
Херсонская	28,5	1275,20	2,80	0,064	79,80
Хмельницкая	20,6	1517,00	48,60	0,66	1001,16
Черкасская	20,9	1517,60	31,80	0,43	664,62
Черниговская	31,9	1367,30	6,60	0,15	210,54
Черновицкая	8,1	945,40	0,99	0,005	8,02

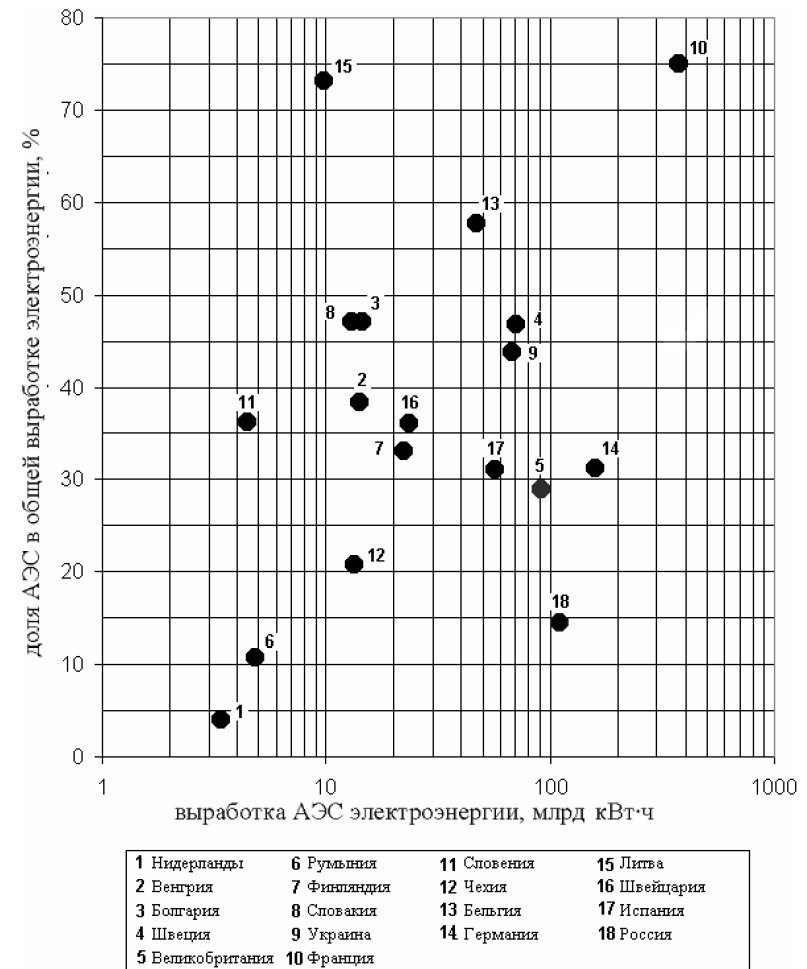


Рис. 3.12. Соотношение выработки электроэнергии действующими энергоблоками АЭС стран Европы в 1999 г. к проценту общего производства электроэнергии в стране

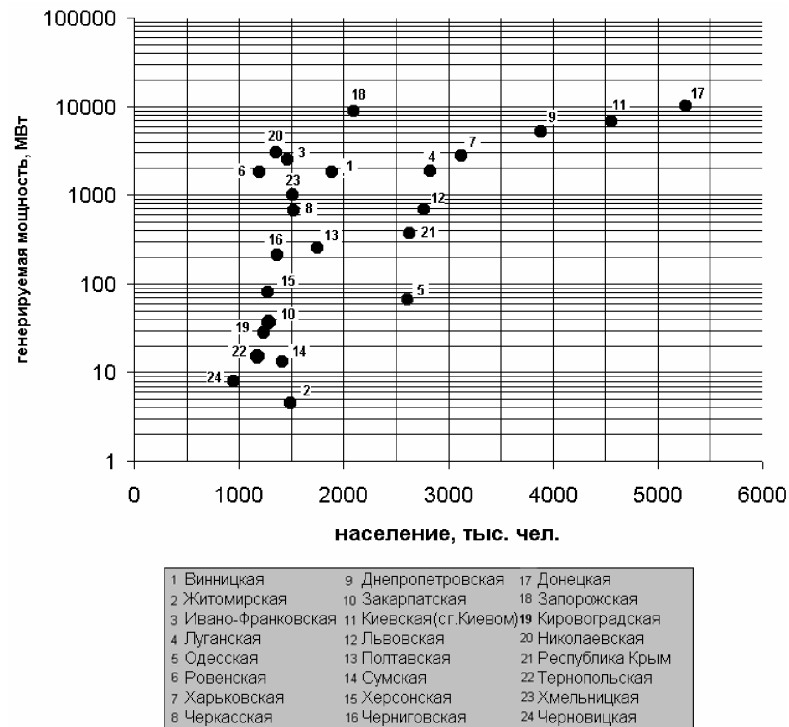


Рис. 3.13. Соотношение генерируемых мощностей электроэнергии и количества населения по областям Украины

### 3.10. ЗНАКИ ВАРЗАРА

Более редкими, но не менее важными являются прямоугольные диаграммы, так называемые знаки Варзара [21, с. 447–449].

Знаки Варзара применяются для графического сравнения трех разноименных мультипликативно связанных показателей, т.е. таких, один из которых представляет собой произведение двух других, являющихся сомножителями.

Используя свойство прямоугольника, производный показатель, который является произведением двух других показателей-сомножителей, изображают его площадью; при этом основание прямоугольника пропорционально величине

одного из показателей-сомножителей, а высота – второму показателю-сомножителю. Основание прямоугольника служит, как правило, для изображения объемных показателей (численности населения, выработанной энергии, объема вредных выбросов тепловых электростанций и т. д.), а его высота – для изображения качественных показателей (плотности населения, доли выработки электроэнергии определенным видом электростанций, процентного содержания вредных веществ и т. п.). При сравнении показателей, которые принадлежат к разным статистическим единицам – объектам или территориям, прямоугольники располагаются на горизонтальной базовой линии, или рядом друг с другом, или один на одном так, чтобы совмещались их нижние левые углы.

Пример знаков Варзара приведен на рис. 3.14 по данным табл. 3.7, в которой учтены данные табл. 3.5.

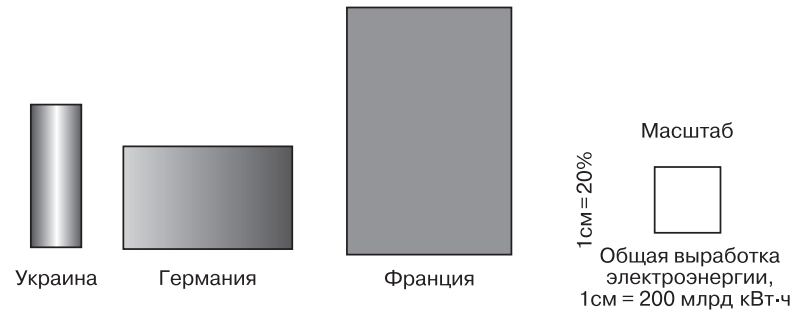
Таблица 3.7. Производство электроэнергии Украины, Германии, Франции в 1999 г.

Страна	Общая выработка электроэнергии, млрд кВт·ч	Доля выработки АЭС от общего производства электроэнергии в стране, %	Выработка электроэнергии АЭС, млрд кВт·ч
Украина	153,87	43,77	67,35
Германия	513,28	31,21	160,4
Франция	500	75	375

На графике показан общий объем производства электроэнергии, доля в ней атомной энергетики и объем производства электроэнергии атомными энергоблоками Украины, Германии, Франции в 1999 г.

Связь названных показателей имеет следующий вид: если за основание прямоугольника принять общую выработку электроэнергии млрд кВт·ч, а за его высоту – % выработки АЭС от общего производства электроэнергии в стране, то площадь прямоугольника будет отображать общую выработку электроэнергии на АЭС, млрд кВт·ч. Для построения прямоугольников по соответствующим показателям каждой страны установим масштаб для их основания

1 см = 200 млрд кВт·ч, а для их высоты – 1 см = 20 %. В соответствии с выбранным масштабом прямоугольник, который отображает общий объем производства электроэнергии АЭС Украины, млрд. кВт·ч, имеет основание и высоту, равные соответственно 0,77 и 2,17 см.



*Рис. 3.14. Доля выработки электроэнергии на АЭС от общего производства электроэнергии в Украине, Германии, Франции в 1999 г.*

Прямоугольники, изображенные на рис. 3.14, имеют разные площади. Они наглядно показывают, что в Германии и Франции в 1999 г. почти при равном объеме выработки электроэнергии доля АЭС в Германии в 2,5 раза меньше, чем во Франции. При сравнении Украины и Германии видно, что доля АЭС в Украине превышает аналогичный показатель Германии в 1,5 раза, в то время как общее производство электроэнергии в Украине в 3,5 раза меньше, чем в Германии.

Отметим, что недостатком знаков Варзара является то, что при незначительных отличиях показателей очень трудно оценить на глаз соотношения площадей прямоугольников, поэтому в таких случаях их использование становится нецелесообразным и малоэффективным.

# РАЗДЕЛ 4

## ■ СТРУКТУРНЫЕ ДИАГРАММЫ

### 4.1. ПОНЯТИЕ О СТРУКТУРНЫХ ДИАГРАММАХ

Основное назначение структурных диаграмм заключается в графическом представлении состава анализируемых совокупностей, характеризующихся как соотношением различных частей каждой из совокупностей. Состав анализируемой совокупности графически может быть представлен с помощью как абсолютных, так и относительных показателей. В первом случае не только размеры отдельных частей, но и размер графика в целом определяются анализируемыми величинами и изменяются в соответствии с изменениями последних. Во втором – размер всего графика не меняется (так как сумма всех частей любой совокупности составляет 100 %), а меняются только размеры отдельных его частей. Графическое изображение состава совокупности по абсолютным и относительным показателям способствует проведению более глубокого анализа и позволяет проводить сопоставления и сравнения различных показателей и явлений.

В качестве графического образа для изображения структуры совокупностей применяются прямоугольники – для построения столбиковых и полосовых диаграмм, и окружности – для построения секторных диаграмм.

### 4.2. ЛЕНТОЧНЫЕ (СТОЛБИКОВЫЕ) СТРУКТУРНЫЕ ДИАГРАММЫ

Покажем построение ленточных (столбиковых) диаграмм на конкретных примерах. Чтобы по данным табл. 3.2 построить диаграмму, отражающую структуру сравниваемых совокупностей по соотношению в них отдельных видов ТЭР, ряд абсолютных показателей заменяется рядом относительных величин. В этом случае каждая из полос диаграммы будет иметь одинаковую длину, так как при переходе к отно-

сительным величинам исчезают различия в абсолютных размерах совокупностей. В то же время структурные различия проявляются значительно четче. Графическое изображение структуры с помощью полосовых (столбиковых) диаграмм позволяет изучить особенности многих изучаемых экономических явлений. Так, приведенная на рис. 4.1 диаграмма по данным табл. 3.1 характеризует относительное постоянство составляющих в общем объеме потребления ТЭР.

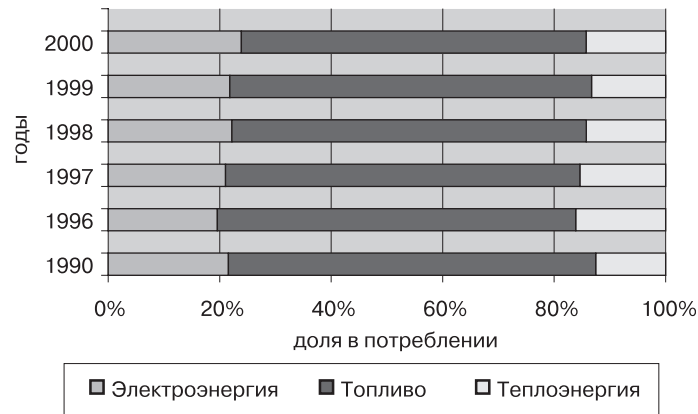


Рис.4.1. Объемы потребления ТЭР по Хмельницкой области

### 4.3. СЕКТОРНЫЕ ДИАГРАММЫ

Более распространенным способом графического изображения структуры исследуемых совокупностей являются секторные диаграммы, которые считаются основной формой диаграмм такого назначения. Это объясняется тем, что идея целого очень хорошо и наглядно выражается кругом, который представляет всю совокупность. Удельный вес каждой части совокупности в секторной диаграмме характеризуется величиной центрального угла (угол между радиусами круга). Сумма всех углов круга, равная  $360^\circ$ , приравнивается к 100%, а, следовательно, 1% принимается равным  $3,6^\circ$ . Приведем пример построения секторной диаграммы по данным табл. 3.3 (рис. 4.2, а, б; рис. 4.3, а, б; рис. 4.4, а, б).

Применение секторных диаграмм позволяет не только графически изобразить структуру совокупности и ее изменение, но и показать динамику численности этой совокупности. Для этого строятся круги, пропорциональные объему изучаемого признака, а затем секторами выделяются его отдельные части. Рассмотренные способы графического изображения структуры совокупности имеют как достоинства, так и недостатки.

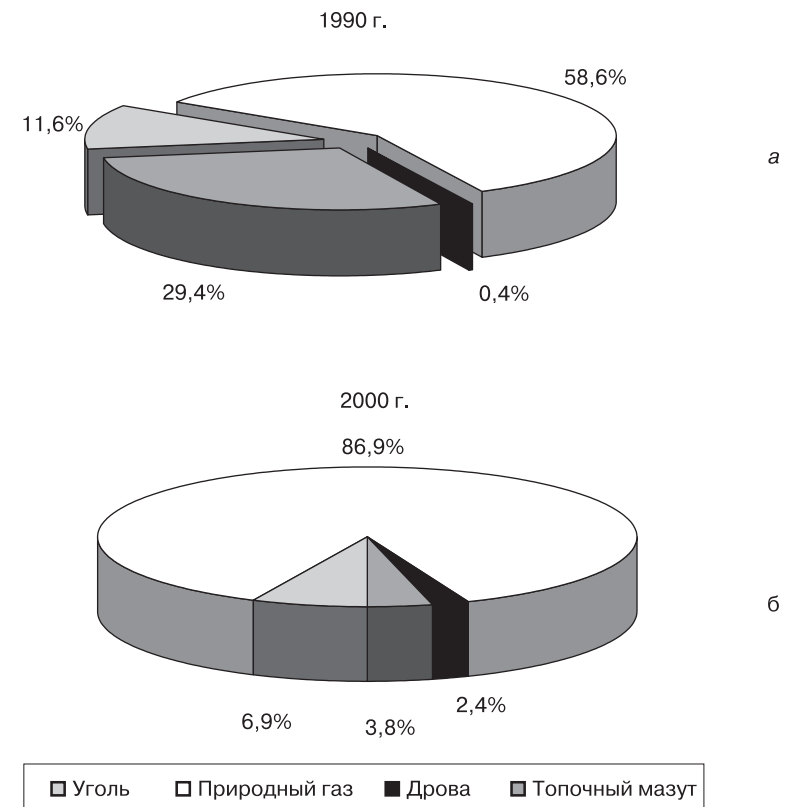


Рис. 4.2. Объем потребления топлива по Хмельницкой области (в % к общему объему потребления)

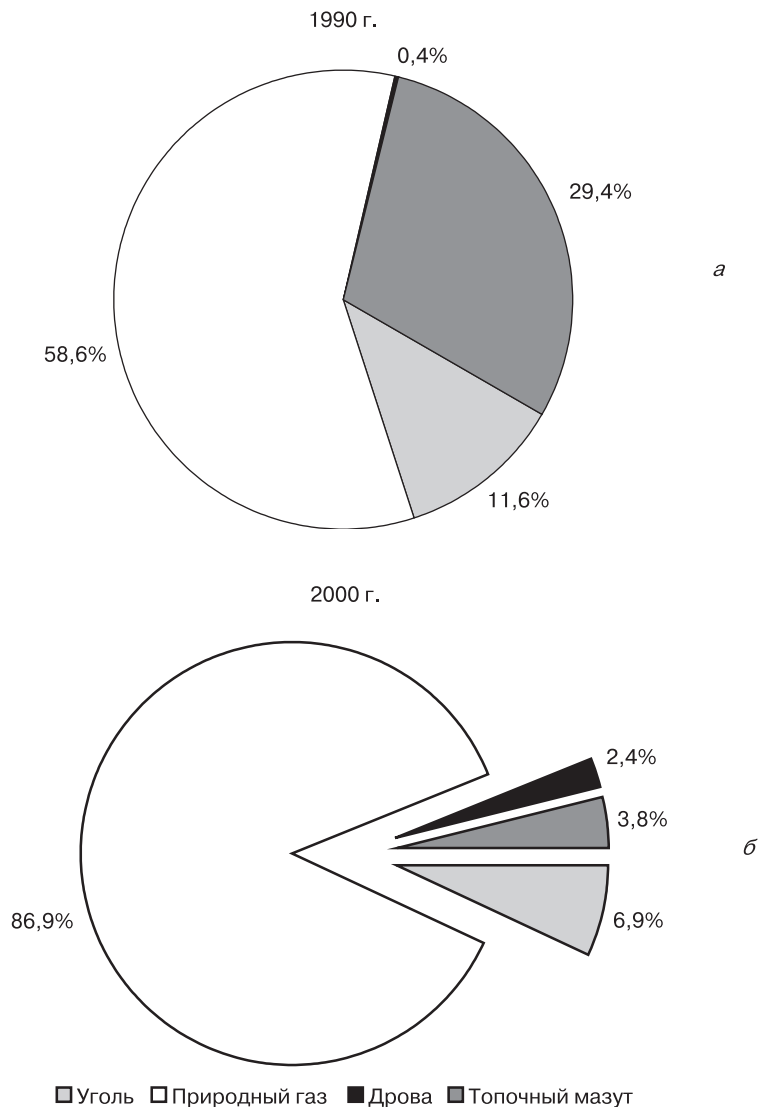


Рис.4.3. Объем потребления топлива по Хмельницкой области (в % к общему объему потребления)

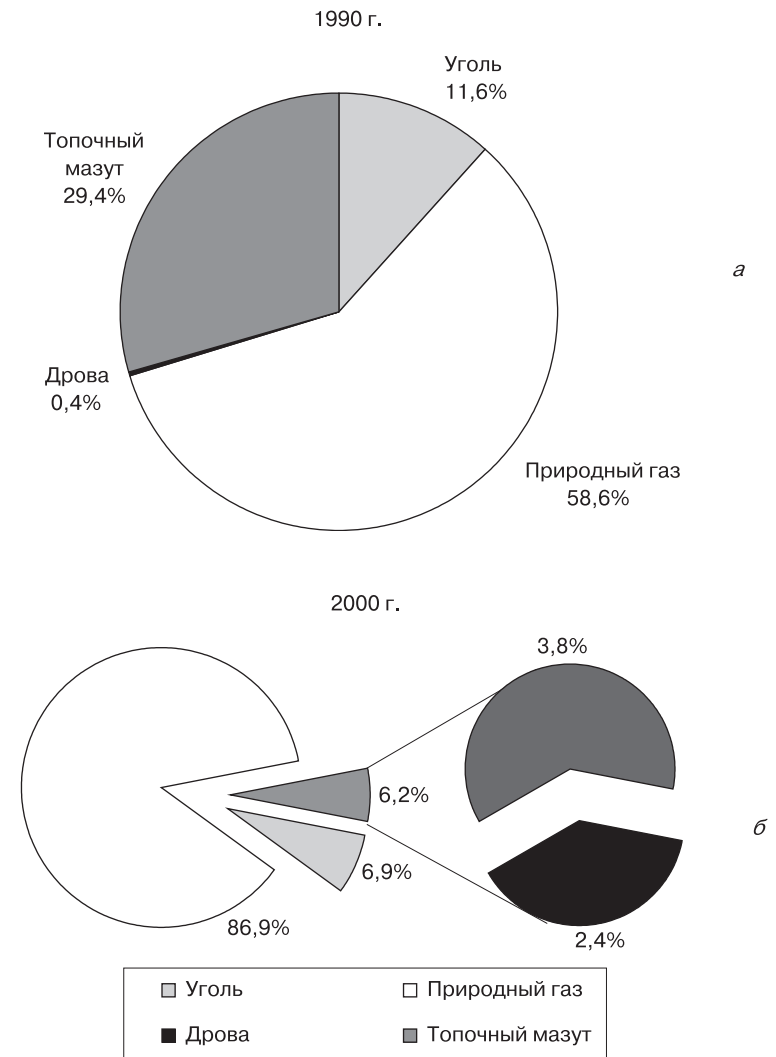


Рис.4.4. Объем потребления топлива по Хмельницкой области (в % к общему объему потребления)



Секторная диаграмма сохраняет наглядность и выразительность лишь при небольшом числе частей совокупности, в противном случае ее применение малоэффективно. Кроме того, наглядность секторной диаграммы снижается при незначительных изменениях структуры изображаемых совокупностей: она выше, если имеются существенные различия сравниваемых структур. Преимуществом столбиковых (ленточных) структурных диаграмм по сравнению с секторными являются их большая емкость, возможность отразить более широкий объем полезной информации.

#### 4.4. ДИАГРАММА СЭКЭЙ

К структурным диаграммам относится диаграмма Сэ-кэй, используемая для наглядного изображения баланса.

Ее графический образ произвольный – в виде геометрической или негеометрической фигуры с отходящими от нее такими же фигурами, но меньшего размера, пропорционального соответствующим структурным частям. Особое внимание при построении этой диаграммы уделяется экспликации – ярлыкам и легендам. Примерами таких диаграмм являются рис. 4.5; 4.6; 4.7 [7, с.22; 18].

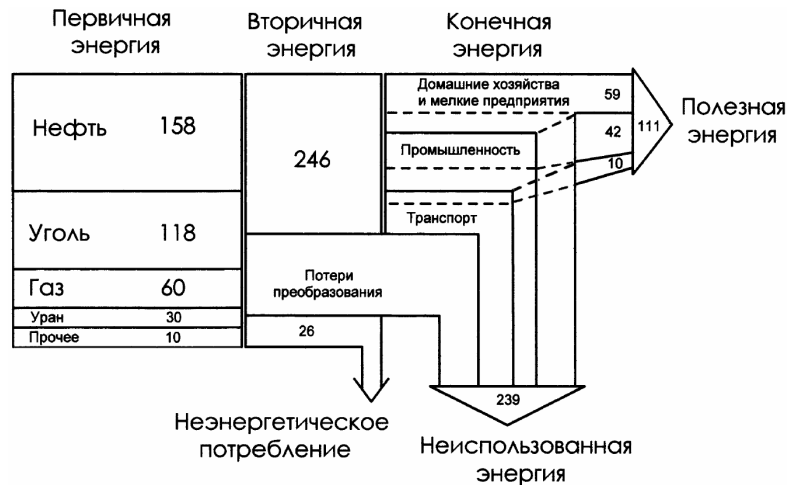


Рис. 4.5. Потребление энергии в ФРГ в 1984 г. (в млн т у.т.)

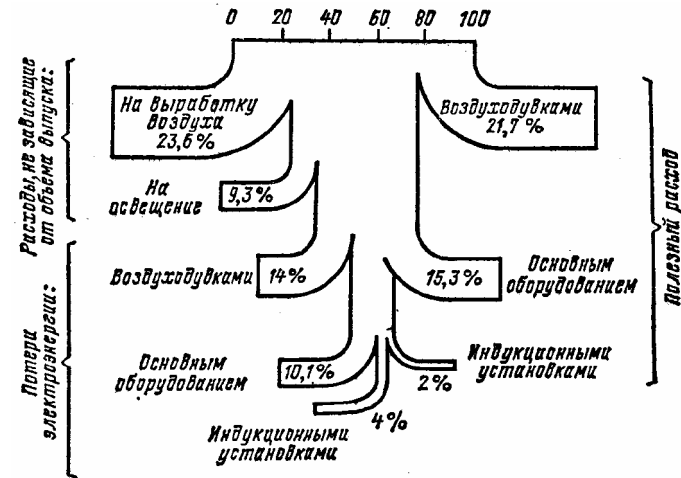


Рис. 4.6. Баланс электропотребления кузнечного цеха

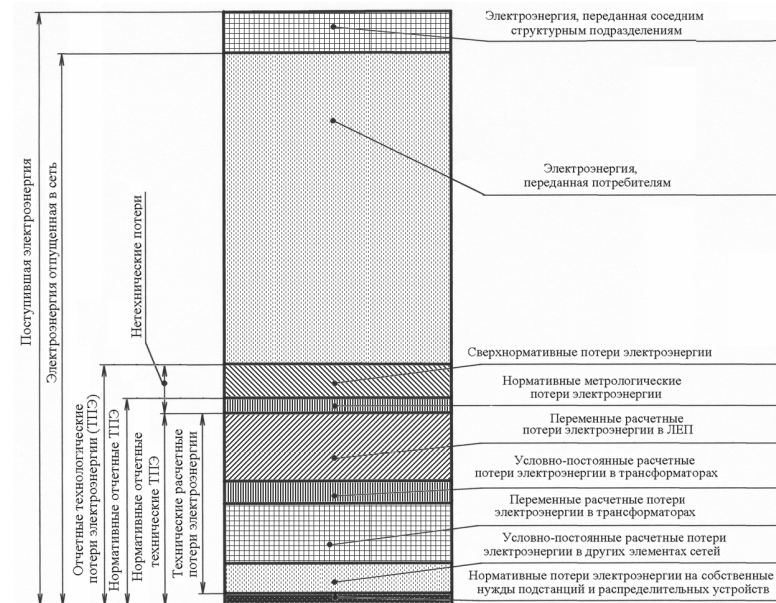


Рис. 4.7. Составные части структуры баланса электроэнергетики

## ■ ДИАГРАММЫ ДИНАМИКИ

### 5.1. ПОНЯТИЕ О ДИАГРАММАХ ДИНАМИКИ

Для изображения и определения развития явления во времени строятся диаграммы динамики. Для наглядного изображения явлений в рядах динамики используются диаграммы: столбиковые, ленточные, круговые, линейные, радиальные и др. Выбор вида диаграммы зависит в основном от особенностей исходных данных и цели исследования. Например, если имеется ряд динамики с несколькими неравноотстоящими во времени значениями (1918, 1928, 1938, 1948, 1958, 2068 гг.), то часто для наглядности используют столбиковые, квадратные или круговые диаграммы. Они зрительно впечатляют, хорошо запоминаются, но не годны для изображения большого числа значений, так как громоздки. Когда число значений в ряду динамики велико, целесообразно применять линейные диаграммы, которые воспроизводят непрерывность процесса развития в виде ломаной непрерывной линии. Кроме того, линейные диаграммы удобно использовать, если целью исследования является изображение общей тенденции и характера развития явления; когда на одном графике необходимо изобразить несколько динамических рядов с целью их сравнения; если наиболее существенным является сопоставление темпов производства, а не значений (рис. 5.1) [9, с.10, табл. 1.1].

Для построения линейных графиков применяют систему прямоугольных координат. Обычно по оси абсцисс откладывается время (годы, месяцы и т. д.), а по оси ординат – размеры изображаемых явлений или процессов. Особое внимание следует обратить на выбор масштаба оси ординат, так как от этого зависит общий вид графика. Обеспечение равновесия, пропорциональности между осями координат

необходимо в графике в связи с тем, что нарушение равновесия между ними дает неправильное изображение развития явления. Если масштаб для шкалы на оси абсцисс очень растянут по сравнению с масштабом на оси ординат, то колебания в динамике явлений мало выделяются, и, наоборот, преувеличение масштаба по оси ординат по сравнению с масштабом на оси абсцисс дает резкие колебания. Равным периодам времени и размерам уровня должны соответствовать равные интервалы масштабной шкалы.

### 5.2. ЛИНЕЙНЫЕ ДИАГРАММЫ С РАВНОМЕРНЫМИ ШКАЛАМИ

В практике чаще всего применяются графические изображения с равномерными шкалами. В этих графиках по оси абсцисс интервалы пропорциональны числу периодов времени, а по оси ординат – пропорциональны самим уровням. Масштабом равномерной шкалы будет длина отрезка, принятого за единицу (рис. 5.1) [9].

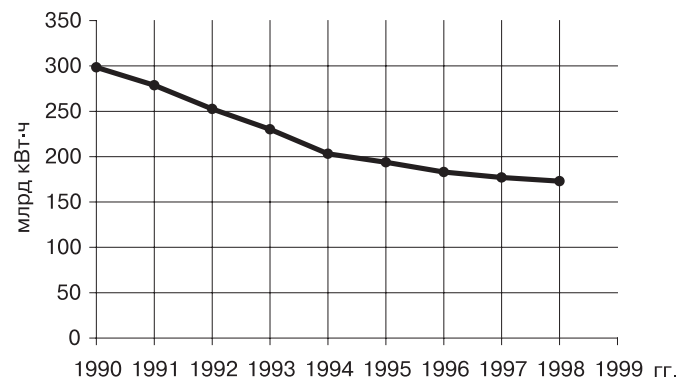


Рис. 5.1. Производство электроэнергии, млрд кВт·ч, в Украине в 1990–1998 гг.

Примером объемной линейной диаграммы динамики может служить рис. 5.2. [11].

Нередко на одном линейном графике приводится несколько кривых, которые дают сравнительную характеристику динамики различных показателей или одного и того же показателя.

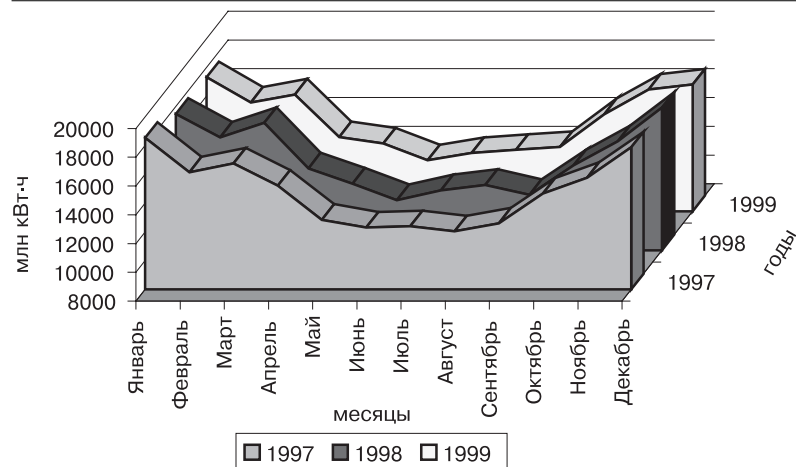


Рис. 5.2. Динамика производства электроэнергии в Хмельницкой обл. за 1997–1999 гг.

Примером графического изображения сразу нескольких показателей является рис. 5.3 [11].

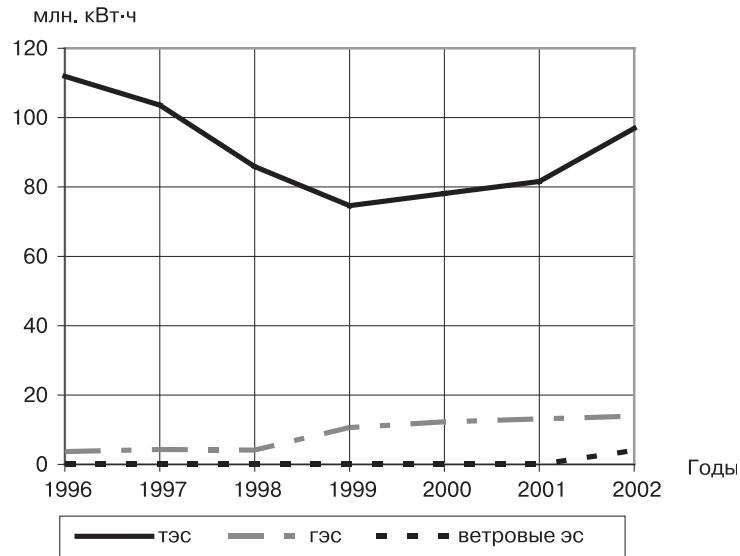


Рис. 5.3. Динамика производства электроэнергии, млн кВт·ч, в Хмельницкой области в 1996–2002 гг. по видам электростанций

На одном графике не следует помещать более трех-четырёх кривых, так как их большое количество неизбежно осложняет чертеж, и линейная диаграмма теряет наглядность.

В некоторых случаях нанесение на один график двух кривых дает возможность одновременно изобразить динамику третьего показателя, если он является разностью двух первых.

Иногда необходимо сравнить на графике динамику двух показателей, имеющих различные единицы измерения. В таких случаях понадобится не одна, а две масштабные шкалы. Одну из них размещают справа, другую – слева.

Однако, такое сравнение кривых не дает достаточно полной картины динамики этих показателей, так как масштабы произвольны.

Поэтому сравнение динамики уровня двух разнородных показателей следует осуществлять на основе использования одного масштаба после преобразования абсолютных величин в относительные. Примером такой линейной диаграммы является рис. 5.4 [11].

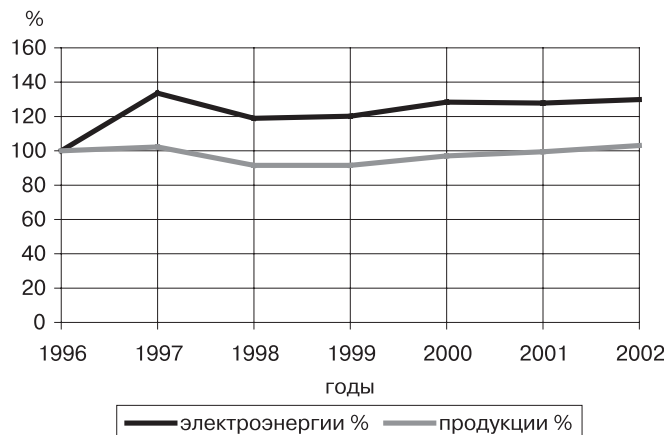


Рис. 5.4. Динамика производства электроэнергии и промышленной продукции в Хмельницкой области в 1996–2002 гг. (%)

Линейные диаграммы с равномерной шкалой имеют один недостаток, снижающий их познавательную ценность:

равномерная шкала позволяет измерять и сравнивать только отраженные на диаграмме абсолютные приросты или уменьшения показателей на протяжении исследуемого периода. Но при изучении динамики важно знать относительные изменения исследуемых показателей по сравнению с достигнутым уровнем или темпы их изменения. Именно относительные изменения изучаемых показателей в динамике искажаются при их изображении на диаграмме с равномерной вертикальной шкалой. Кроме того, в обычных координатах теряет всякую наглядность и даже становится невозможным изображение для рядов динамики с резко изменяющимися уровнями, которые обычно имеют место в динамических рядах за длительный период времени.

### 5.3. ЛИНЕЙНЫЕ ДИАГРАММЫ НА ПОЛУЛОГАРИФМИЧЕСКОЙ СЕТКЕ

В случаях вышеуказанных недостатков линейных графиков с равномерной шкалой следует отказаться от равномерной шкалы и положить в основу графика полулогарифмическую систему.

Приведем пример графика с полулогарифмической системой координат. Допустим, что надо изобразить на графике динамику выработки электроэнергии млн кВт·ч в Хмельницкой области в 1996–2002 гг. по данным табл. 3.1. С этой целью находим логарифмы для каждого уровня ряда (табл. 5.1). Определив минимальное и максимальное значение логарифмов, построим масштаб с таким расчетом, чтобы все данные разместились на графике.

Таблица 5.1. Объемы выработки электроэнергии млн кВт·ч в Хмельницкой области в 1996–2002 гг.

Год	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Y	4935,1	6593,1	5871,4	5929,9	6333,1	6306,7	6410,8
log Y	3,69	3,82	3,77	3,77	3,80	3,80	3,81

Учитывая масштаб, находим соответствующие точки, которые соединим линией, в результате получим график (рис. 5.5) с использованием логарифмического масштаба на оси ординат, т. е. диаграмму на полулогарифмической сетке. Полной логарифмической диаграммой он станет в том случае, если по оси абсцисс будет построен логариф-

мический масштаб. В графиках динамики это никогда не применяется, так как логарифмирование времени лишено всякого смысла.

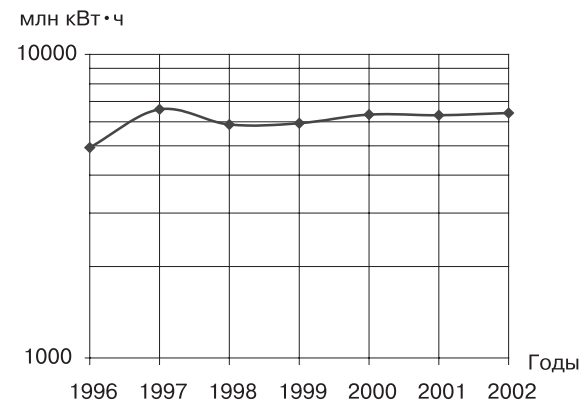


Рис. 5.5. Объемы выработки электроэнергии, млн кВт·ч, в Хмельницкой области за 1996–2002 гг.

Применяя логарифмический масштаб, можно без всяких вычислений охарактеризовать динамику уровня. Если кривая на логарифмическом масштабе несколько отклонена от прямой и становится вогнутой к оси абсцисс, значит, имеет место падение темпов; когда кривая в своем течении приближается к прямой – стабильность темпов; если она выпукло отклоняется от прямой в сторону к оси абсцисс, изучаемое явление имеет тенденцию к росту с увеличивающимися темпами.

### 5.4. РАДИАЛЬНЫЕ ДИАГРАММЫ

Динамику изображают и радиальные диаграммы, строящиеся в полярных координатах. Радиальные диаграммы преследуют цель наглядного изображения определенного ритмического движения во времени. Чаще всего эти диаграммы применяются для иллюстрации сезонных колебаний. Радиальные диаграммы разделяются на замкнутые и спиральные. По технике построения радиальные диаграммы отличаются друг от друга в зависимости от того, что взято в качестве пункта отсчета, – центр круга или окружность.

Замкнутые диаграммы отражают цикл динамики какого-либо одного периода времени. Спиральные диаграммы

показывают внутригодовой (внутрисуточный) цикл динамики за ряд лет (суток).

Построение замкнутых диаграмм суточного цикла сводится к следующему: вычерчивается круг, среднечасовой показатель приравнивается к радиусу этого круга. Затем весь круг делится на 24 равных сектора, которые на графике изображаются тонкими линиями. Каждый сектор обозначает час, причем расположение часов аналогично циферблату. На каждом секторе делается отметка согласно масштабу, исходя из данных за соответствующий час. Если данные превышают среднечасовой уровень, отметка делается за пределами окружности на продолжении радиуса. Затем отметки различных часов соединяются отрезками. Пример замкнутой диаграммы приведем на рис. 5.6. [6] Данная замкнутая диаграмма наглядно показывает, что мощность нагрузки энергосистемы Украины меняется на протяжении суток. Минимум нагрузки приходится на ночной интервал с 23 до 6 часов, а максимум на пиковый с 8 до 11 часов и с 20 до 22 часов. Если же в качестве базы для отсчета взять не центр круга, а окружность, то диаграммы называются спиральными.

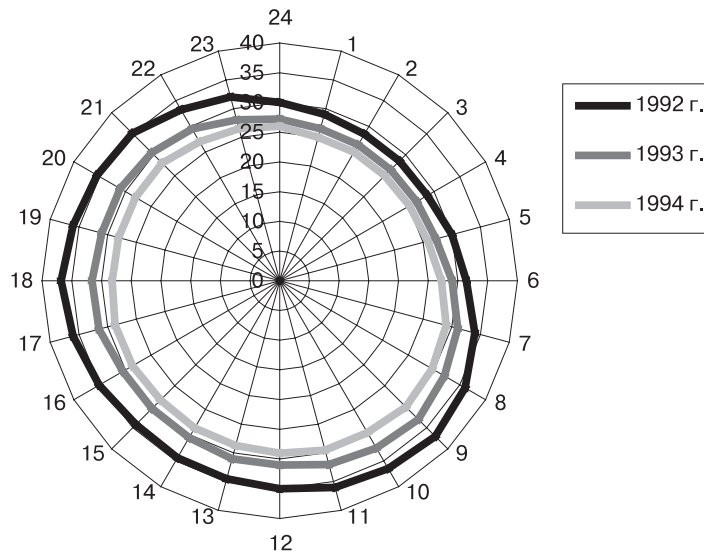


Рис. 5.6. Суточные зимние нагрузки энергосистемы Украины, МВт, в 1992–1994 гг.

Построение спиральных диаграмм отличается от замкнутых тем, что в них конец одного периода соединяется не с началом данного периода, а с началом следующего периода. Это дает возможность изобразить весь ряд динамики в виде спирали. Особенно наглядна такая диаграмма, когда наряду с внутрициклическими изменениями происходит изменение из цикла в цикл. Спиральная диаграмма по данным табл. 5.2 приведена на рис. 5.7. [11].

Таблица 5.2. Производство электроэнергии, млн кВт·ч, в Хмельницкой области в 1997–1999 гг.

Год	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1997	18541	16134	16756	15203	12839	12290	12391	12025	12577	14660	15751	17876
1998	17481	15842	16861	13689	12633	11487	12168	12546	11856	13897	15578	17906
1999	17317	15546	16113	13148	12702	11544	12046	12259	12456	14746	16455	16814

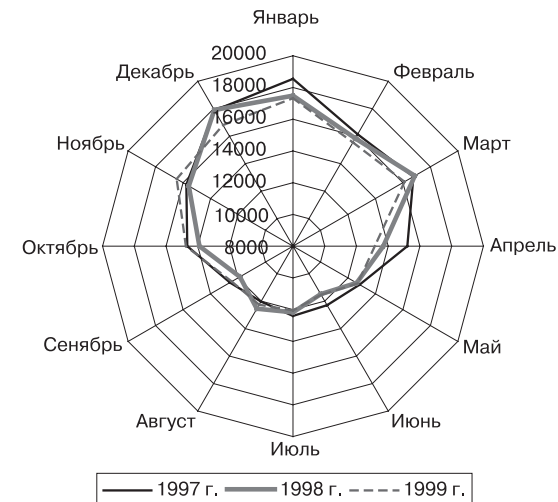


Рис. 5.7. Производство электроэнергии, млн кВт·ч, в Хмельницкой области в 1997–1999 гг.

# РАЗДЕЛ 6

## ■ ДИАГРАММЫ РЯДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

### 6.1. ПОНЯТИЕ О ДИАГРАММАХ РЯДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Особым видом графиков являются диаграммы распределения величин, представленных вариационным рядом. Ряд распределения – это упорядоченное распределение единиц совокупности на группы по определенному варьирующему признаку. Ряд распределения представляет собой простейшую группировку, в которой каждая выделяемая группа характеризуется одним показателем – численностью единиц объекта, попавших в каждую группу.

Наглядное представление о характере изменения частот вариационного ряда дают диаграммы: полигон, гистограмма, кумулята, огива, кривая Лоренца.

Вариационными называют ряды распределения, построенные по количественному признаку. Любой вариационный ряд состоит из двух элементов: вариантов и частот. Вариантами считаются отдельные значения признака, которые он принимает в вариационном ряду, т. е. конкретное значение варьирующего признака. Частоты – это численности отдельных вариантов или каждой группы вариационного ряда, т. е. это числа, показывающие, как часто встречаются те или иные варианты в ряду распределения. Сумма всех частот определяет численность всей совокупности, ее объем. Частостями называются частоты, выраженные в долях единицы или в процентах к итогу. Соответственно сумма частостей равна 1 или 100 %.

В зависимости от характера вариации признака различают дискретные и интервальные вариационные ряды.

В случае дискретной вариации величина количественного признака принимает только целые значения. Следовательно, дискретный вариационный ряд характеризует распределение единиц совокупности по дискретному признаку.

В случае непрерывной вариации величина признака у единиц совокупности может принимать в определенных

пределах любые значения, отличающиеся друг от друга на сколько угодно малую величину. Построение интервальных вариационных рядов целесообразно прежде всего при непрерывной вариации признака, а также если дискретная вариация проявляется в широких пределах, т. е. число вариантов дискретного признака достаточно велико.

Удобнее всего ряды распределения анализировать при помощи их графического изображения, позволяющего судить и о форме распределения. Наглядное представление о характере изменения частот вариационного ряда дают полигон и гистограмма.

### 6.2. ПОЛИГОН

Полигон используется при изображении дискретных вариационных рядов. Для его построения в прямоугольной системе координат по оси абсцисс в одинаковом масштабе откладываются ранжированные значения варьирующего признака, а по оси ординат наносится шкала для выражения величины частот. Полученные на пересечении абсцисс и ординат точки соединяются прямыми линиями, в результате этого получают ломаную линию, называемую полигоном частот. Иногда для замыкания полигона предлагается крайние точки (слева и справа на ломаной линии) соединить с точками на оси абсцисс. В этом случае получается многоугольник. Например, изобразим графически распределение действующих в 1999 г. энергоблоков (до 20 в стране) в странах с атомной энергетикой по данным табл. 3.5 (рис. 6.1).

На оси ординат могут наноситься не только значения частот, но и частостей вариационного ряда.

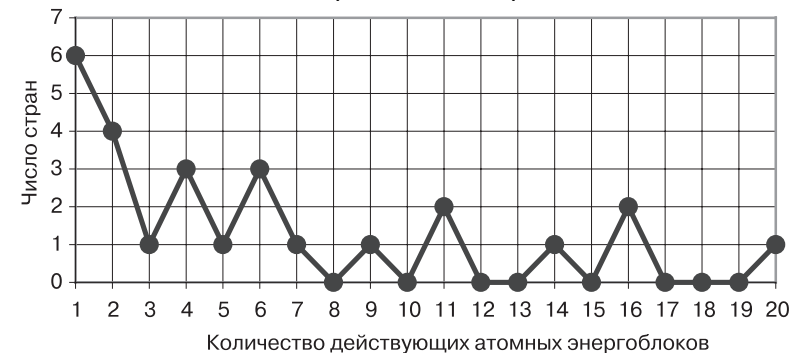


Рис. 6.1. Распределение действующих в 1999 г. атомных энергоблоков (до 20 в стране) в странах с атомной энергетикой

### 6.3. ГИСТОГРАММА

Гистограмма применяется для изображения интервального вариационного ряда. При построении гистограммы на оси абсцисс откладываются величины интервалов, а частоты изображаются прямоугольниками, построенными на соответствующих интервалах. Высота столбиков в случае равных интервалов должна быть пропорциональна частотам. В результате мы получим гистограмму – график, на котором ряд распределения изображен в виде смежных друг с другом столбиков. Пример гистограммы электрической нагрузки промышленного предприятия (цифры условные) приведен на рис. 6.2.

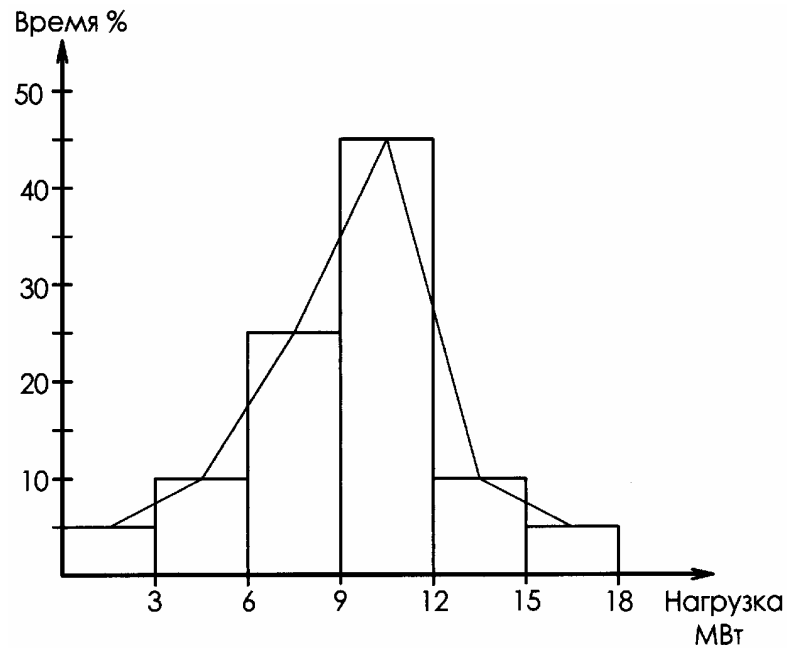


Рис. 6.2. Гистограмма электрической нагрузки промышленного предприятия (цифры условные)

Гистограмма может быть преобразована в полигон распределения, если найти середины сторон прямоугольников и затем эти точки соединить прямыми линиями. Полученный полигон распределения изображен на рис. 6.2 ломаной линией.

При построении гистограммы распределения вариационного ряда с неравными интервалами по оси ординат наносят не частоты, а плотность распределения признака в соответствующих интервалах. Это необходимо сделать для устранения влияния величины интервала на распределение и получения возможности сравнивать частоты. Плотность распределения – это частота, рассчитанная на единицу ширины интервала, т. е. сколько единиц в каждой группе приходится на единицу величины интервала. Пример расчета плотности распределения на основании данных табл. 3.5 представлен в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Распределение стран с атомной энергетикой по числу действующих атомных энергоблоков в 1999 г.

Группа стран по числу действующих атомных энергоблоков	Число стран	Ширина интервала, (блоков)	Плотность распределения, единиц
	A	B	C=A:B
До 5	15	5	3
5-10	5	5	1
10-20	6	10	0,6000
20-75	4	55	0,0727
75-105	1	30	0,0333

### 6.4. КУМУЛЯТА

Для графического изображения вариационных рядов может также использоваться кумулятивная кривая. При помощи кумуляты (кривой сумм) изображается ряд накопленных частот. Накопленные частоты определяются путем последовательного суммирования частот по группам и показывают, сколько единиц совокупности имеют значения признака не больше, чем рассматриваемое значение.

При построении кумуляты интервального вариационного ряда по оси абсцисс откладываются варианты ряда, а по оси ординат – накопленные частоты, которые наносят на поле графика в виде перпендикуляров к оси абсцисс в верхних границах интервалов. Затем эти перпендикуляры соединяют и получают ломаную линию, т. е. кумуляту.

Кумуляту распределения электрической нагрузки промышленного предприятия (цифры условные, те же, что и на рис. 6.2) приведем на рис. 6.3.



Изображение вариационного ряда в виде кумуляты особенно эффективно для вариационных рядов, частоты которых выражены в долях или процентах к сумме частот ряда, принятой соответственно за единицу или за 100%, т. е. частостями.

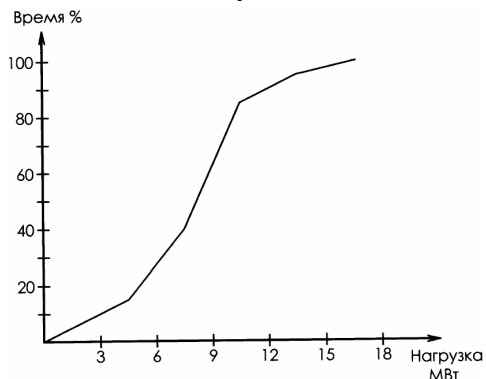


Рис. 6.3. Кумулята распределения электрической нагрузки промышленного предприятия (цифры условные)

### 6.5. ОГИВА

Если при графическом изображении вариационного ряда в виде кумуляты оси поменять местами, то мы получим огиву. На рис. 6.4 приведена огива распределения электрической нагрузки промышленного предприятия (цифры условные).

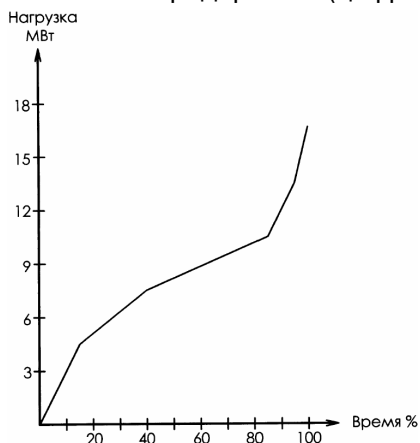


Рис. 6.4. Оги́ва распределения электрической нагрузки промышленного предприятия (цифры условные)

### 6.6. ГРАФИК ЛОРЕНЦА

Среди различных видов диаграмм распределения особое место занимает кривая, именуемая моделью Лоренца, графиком Лоренца или кривой Лоренца.

Кривая Лоренца, или, как ее еще называют, кривая концентрации (или дифференциации), – это одна из разновидностей кумулятивных диаграмм, основной целью построения которых является графическое отображение степени равномерности распределения единиц совокупности между различными значениями изучаемого признака. Этот вид кумулятивных диаграмм впервые был применен американским статистиком О. И. Лоренцом и вошел в практику под его именем.

В основу построения кривой Лоренца положены кумулятивные частоты, выраженные в процентах. При построении кривой Лоренца используются не только кумулятивные частоты, рассчитанные в процентах для каждой группы единиц относительно признака, положенного в основу построения данного ряда распределения, но и выраженные в процентах к общему объему кумулятивные значения группировочного признака, а иногда и другие количественные признаки, характеризующие те или иные существенные стороны изучаемого явления.

Кривая Лоренца строится в прямоугольной системе координат. На оси абсцисс и ординат наносятся одинаковые масштабы шкал в процентах от 0 до 100. Таким образом, данный вид кумулятивной диаграммы имеет форму квадрата. На оси абсцисс квадрата откладываются значения кумулятивных частостей, характеризующие распределение единиц изучаемой совокупности относительно группировочного признака, а на оси ординат квадрата – соответствующие им кумулятивные итоговые значения относительно группировочного признака или других исследуемых признаков. Отметим, что оси координат в отношении наносимых на них видов кумулятивных частостей, а также соответствующих им кумулятивных итоговых значений исследуемых признаков являются взаимозаменяемыми. Эта замена не влияет на конфигурацию кривой, изменяется только ее расположение в поле диаграммы.

Полученные в результате построения диаграммы ломаные кривые характеризуют распределение единиц совокупности по значениям группировочного признака.



Свойство кривой Лоренца заключается в том, что при равномерном распределении единиц совокупности по значениям группировочного признака, кривая, построенная на основе кумулятивных значений этого признака, должна совпадать с диагональю квадрата, которая в данном случае выступает в качестве линии равномерного распределения. При неравномерном распределении кривая Лоренца представляет собой выпуклую кривую, причем, чем больше она выпукла, тем неравномернее распределены единицы данной совокупности между разными значениями группировочного признака. Иначе говоря, чем больше кривая Лоренца отклоняется от линии равномерного распределения, т.е. от диагонали, тем больше неравномерность распределения и выше степень концентрации или дифференциации итогового значения группировочного признака в отдельных единицах совокупности. При этом во всех случаях кривая Лоренца совпадает с линией равномерного распределения в точках 0 и 100%, так как независимо от степени равномерности распределения 0% единиц всегда будет соответствовать 0% значений группировочного признака, а 100% единиц совокупности – 100% его общего итогового значения. В связи с этим построение кривой Лоренца начинается с точки 0% и заканчивается в точке 100%.

Кривая Лоренца позволяет сравнивать степени концентрации и дифференциации, т.е. степени неравномерности распределения одного и того же признака в разных совокупностях или разных признаков в одной и той же совокупности. Для этого на одной и той же диаграмме необходимо построить несколько кривых Лоренца, изображающих распределение данного признака в разных совокупностях, например, распределение предприятий по объему выпуска продукции в различных отраслях промышленности, или же распределение разных признаков в одной и той же совокупности, например, распределение предприятий какой-либо отрасли экономики по объему выпускаемой продукции, числу работников, стоимости основных производственных фондов и т.д., и по степени выпуклости этих кривых сделать соответствующие выводы об уровне концентрации или дифференциации. Кривая Лоренца также применима для характеристики изменения распределения изучаемых явлений во времени.

Недостатком кривых Лоренца является то, что если они относятся к одной и той же совокупности или же к разным совокупностям, и пересекаются, то трудно, а иногда и невоз-

можно сопоставить их и соответственно сделать какие-либо выводы о степени и тенденции неравномерности распределения изучаемых явлений.

С помощью кривой Лоренца удобно контролировать потребление энергии (рис. 6.5). В таком случае по оси ординат откладываем значение потребленной энергии, а по оси абсцисс время потребления. Каждой кривой соответствует свой график нагрузки (рис. 6.6).

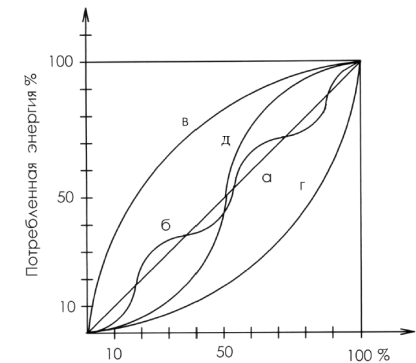


Рис. 6.5. Потребление электроэнергии (цифры условные)

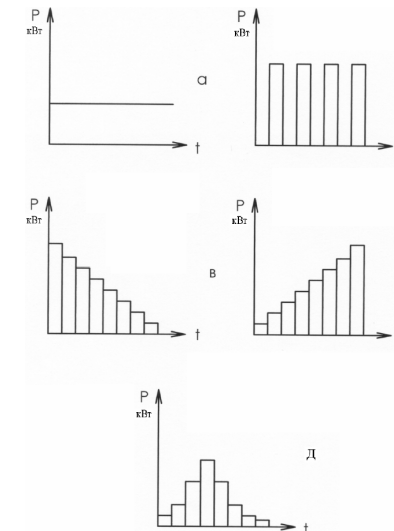


Рис.6.6. Графики электрической нагрузки согласно рис. 6.5

# РАЗДЕЛ 7

## ГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ

### 7.1. ПОНЯТИЕ О ГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ

К графическим картам относятся статистические карты и универсальные графики.

Статистические карты представляют собой вид графических изображений статистических данных на схематической географической или иной карте, характеризующих уровень или степень распространения того или иного явления в пространстве. Средствами изображения территориального размещения являются штриховка, фоновая раскраска или геометрические фигуры, в том числе изолинии. Различают картограммы и картодиаграммы.

### 7.2. КАРТОГРАММЫ

Картограмма – это схематическая карта, на которой штриховкой различной густоты, точками, линиями или окраской определенной степени насыщенности показывается сравнительная интенсивность какого-либо показателя в пределах каждой единицы нанесенного на карту территориального деления (например, плотность электрических нагрузок на предприятии, распределение районов по выработке электроэнергии и т. п.). По способу графического изображения картограммы делятся на точечные, фоновые, изолинии.

*Картограмма точечная* – вид картограммы, где уровень выбранного явления изображается с помощью точек. Точка изображает одну единицу совокупности или некоторое их количество, показывая на карте плотность или частоту проявления определенного признака.

*Картограмма фоновая* – вид картограммы, на которой штриховкой различной густоты или окраской определенной

степени насыщенности показывают интенсивность какого-либо показателя в пределах территориальной единицы.

Фоновые картограммы, как правило, используются для изображения средних или относительных показателей, точечные – для объемных (количественных) показателей (численность населения, выработанная электроэнергия и т. д.).

Рассмотрим построение фоновой картограммы, используя данные табл. 3.6. Прежде чем приступить к построению картограммы, необходимо разбить районы на группы по концентрации генерирующих мощностей, а затем установить для каждой определенную окраску или штриховку.

Согласно данным табл. 3.6, все области по концентрации генерирующих мощностей можно разбить на 6 групп: 1) области, имеющие концентрацию генерирующих мощностей до 0,02 кВт/чел.; 2) от 0,02 до 0,1 кВт/чел.; 3) от 0,1 до 1,0 кВт/чел.; 4) от 1,0 до 2,0 кВт/чел.; 5) от 2,0 до 3,0 кВт/чел.; 6) от 3,0 до 4,3 кВт/чел. Тогда к первой группе относятся области 5, 18, 19, 25; ко второй – 7, 10, 21, 14 и т. д. Если принять для каждой группы областей штриховку различного вида, то на фоновой картограмме хорошо видно, как располагаются на территории Украины отдельные области по концентрации генерирующих мощностей на 1 человека (рис.7.1).

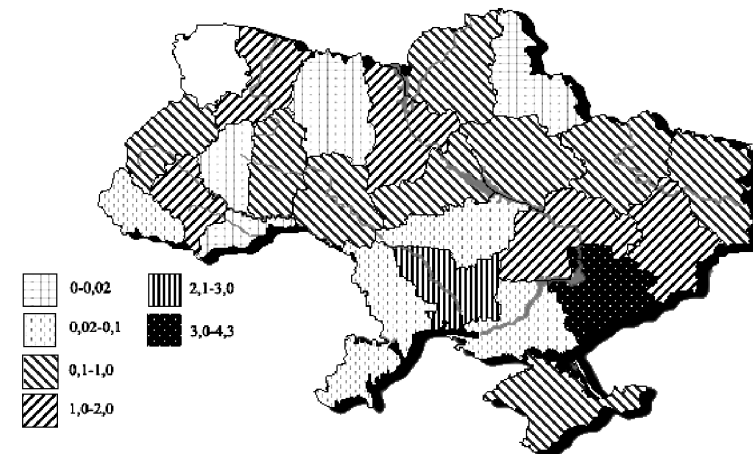


Рис. 7.1. Концентрация генерирующих мощностей, кВт/чел., по регионам Украины

В картограмме изолиний для отображения концентрации показателя на карте используются изолинии. Изолинии – это линии равного значения какой-либо величины в ее распространении на поверхности, в частности на карте или графике. Изолиния отражает непрерывное изменение исследуемой величины в зависимости от двух других переменных и применяется при картографировании разнообразных явлений. Изолинии используются для получения количественных характеристик исследуемых величин и для анализа корреляционных связей между ними.

Пример картограммы изолиний, построенный при помощи метода потенциальных функций [3], приведен на рис. 7.2 [20, с. 218]. Данный график позволяет выявить закономерность нагрузок приемников электроэнергии промышленного предприятия.

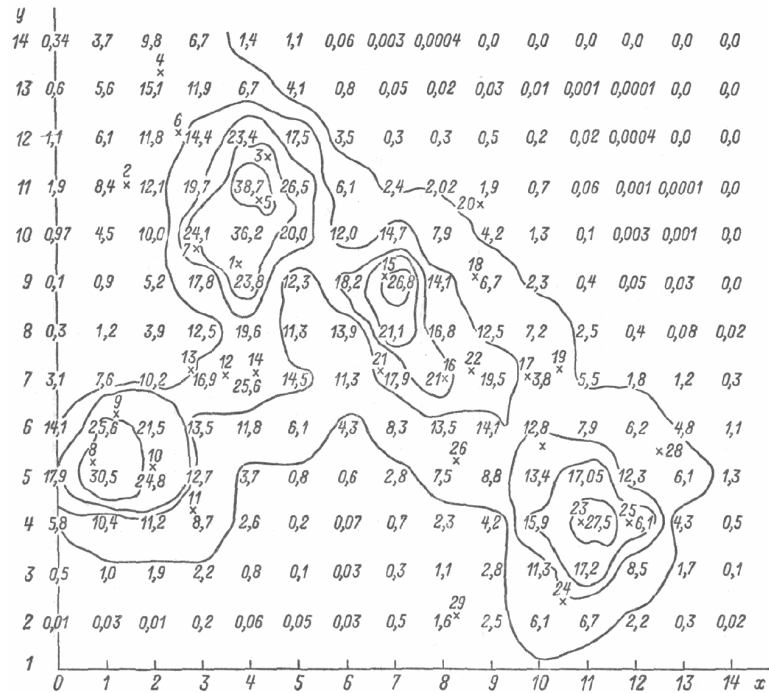
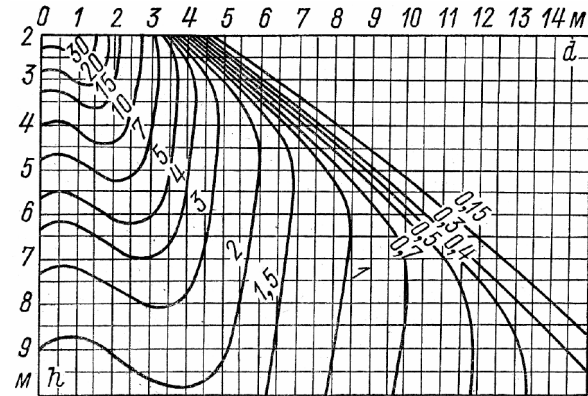


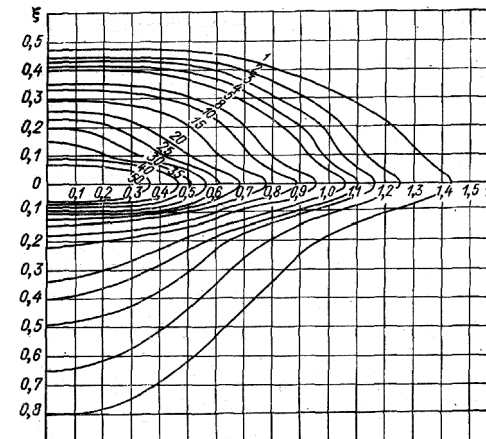
Рис. 7.2. Потенциальная функция нагрузок приемников электроэнергии промышленного предприятия

Другим примером картограммы изолиний могут служить картограммы пространственных изолюкс условной горизонтальной освещенности осветительных приборов (рис. 7.3, 7.4) [19, с. 181, рис. 6–10, с. 261, рис. 9–18].



d – расстояние от контрольной точки до проекции светильника на освещаемую поверхность, м; h – расчетная высота, м

Рис. 7.3. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности светильника НСП07



ξ, η – координаты точки на условной плоскости, перпендикулярной оси прожектора, на расстоянии 1 м от него

Рис. 7.4. Изолюксы на условной плоскости (килолюксы) прожектора ИСУ-2000

### 7.3. КАРТОДИАГРАММЫ

Вторую большую группу статистических карт составляют картодиаграммы, представляющие собой сочетание диаграмм с географической или иной картой. В качестве изобразительных знаков в картодиаграммах используются диаграммные фигуры (столбики, квадраты, круги, фигуры, полосы), которые размещаются на контуре географической карты. Картодиаграммы дают возможность более чем картограммы отразить сложные статистико-географические построения.

Среди картодиаграмм следует выделить картодиаграммы простого сравнения. На картодиаграмме простого сравнения, в отличие от обычной диаграммы, диаграммные фигуры, изображающие величины исследуемого показателя, расположены не в ряд, как на обычной диаграмме, а разносятся по всей карте в соответствии с тем районом, областью или страной, которые они представляют.

Элементы простейшей картодиаграммы можно обнаружить на политической карте, где города отличаются различным масштабом геометрической фигуры в зависимости от числа жителей. Такие картодиаграммы широко применяются на практике. Одной из них является картодиаграмма генерирующих мощностей по регионам Украины, приведенная на рис.7.5.

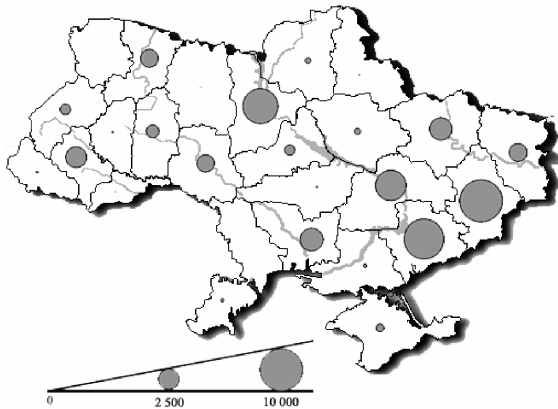


Рис. 7.5. Размещение генерирующих мощностей, МВт, по регионам Украины

Другим примером служит картодиаграмма нагрузок. Она представляет собой план промышленного предприятия, на котором изображена картина средней интенсивности распределения нагрузок приемников электроэнергии. Картодиаграмму нагрузок строят как на плане расположения приемников электроэнергии в цехах, так и на генеральном плане всего промышленного предприятия. Если картодиаграмму строят на генеральном плане промышленного предприятия, то в качестве приемников электроэнергии рассматривают сами цехи. Геометрические изображения степени интенсивности распределения нагрузок на картодиаграмме выполняют различными способами. Наиболее простой из них состоит в изображении степени интенсивности распределения нагрузок приемников при помощи кругов [20]. Способ состоит в следующем: в качестве центра круга выбирают центр электрической нагрузки (ЦЭН) приемника электроэнергии, а радиус круга связывают с расчетной мощностью приемника электроэнергии; значение его находят из условия равенства расчетной мощности  $P_i$  площади круга:

$$P_i = \pi \cdot r_i^2 \cdot m$$

где  $r_i$  — радиус круга;  $m$  — масштаб;  $\pi = 3,14$ , откуда

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}}$$

Каждый круг может быть разделен на секторы, площади которых равны соответственно осветительной и силовой нагрузкам. В этом случае картодиаграмма дает представление не только о значениях нагрузок, но и об их структуре. На рис. 7.6 приведена картодиаграмма активных нагрузок для промышленного предприятия, состоящего из 10 цехов [20, с. 215–216]. Пунктиром нанесены цеха, которые должны быть построены с учетом перспективы развития, и картограммы электрических нагрузок с учетом расширения производства на определенный срок: точка А – ЦЭН без учета расширения, А<sub>1</sub> – ЦЭН с учетом расширения.

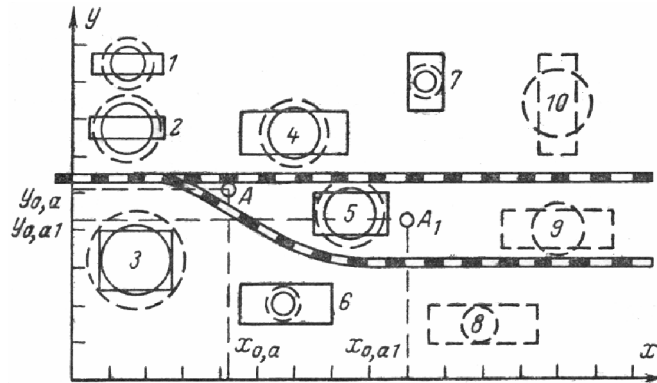


Рис. 7.6. Генеральный план промышленного предприятия с картодиаграммой и центром электрических нагрузок

Картодиаграмма активных нагрузок необходима для выбора рационального места расположения питающих подстанций (ГПП или ГРП).

#### 7.4. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ГРАФИКИ

К графическим картам относятся также универсальные графики. Они представляют собой условные изображения статистических данных на карте времени, т. е. показывают временное размещение или распространенность статистических данных.

К ним относятся специфические для энергетики универсальные графики нагрузки. Эти графики дают наиболее полную картину нагрузки в течение всего года. На рис. 7.7 изображен универсальный график нагрузки Коломенского завода за 1916 год (по будним дням) [5, с. 12–14, фиг. 10]. График этот строится следующим образом: по оси  $AB$  откладываются часы суток (от 0 до 24), а по оси  $BC$  дни и месяцы. Предположим, что в нашем распоряжении имеется 12 суточных будних графиков, относящихся к 4 января, 4 февраля, 4 марта, ... и 13 декабря. Через соответствующие этим дням точки  $a, b, c, d, \dots, l, m$  (на оси  $BC$ ) проводим вертикальные линии  $aa', bb', cc', dd', \dots, ll'$  и  $mm'$  и на них надписываем мощности, отвечающие всем 24 часам. Соединяя плавными кривыми точки, соответствующие одинаковым мощностям, получаем универсальный график нагрузки в горизонталях. Для построения такого графика с точностью, достаточной

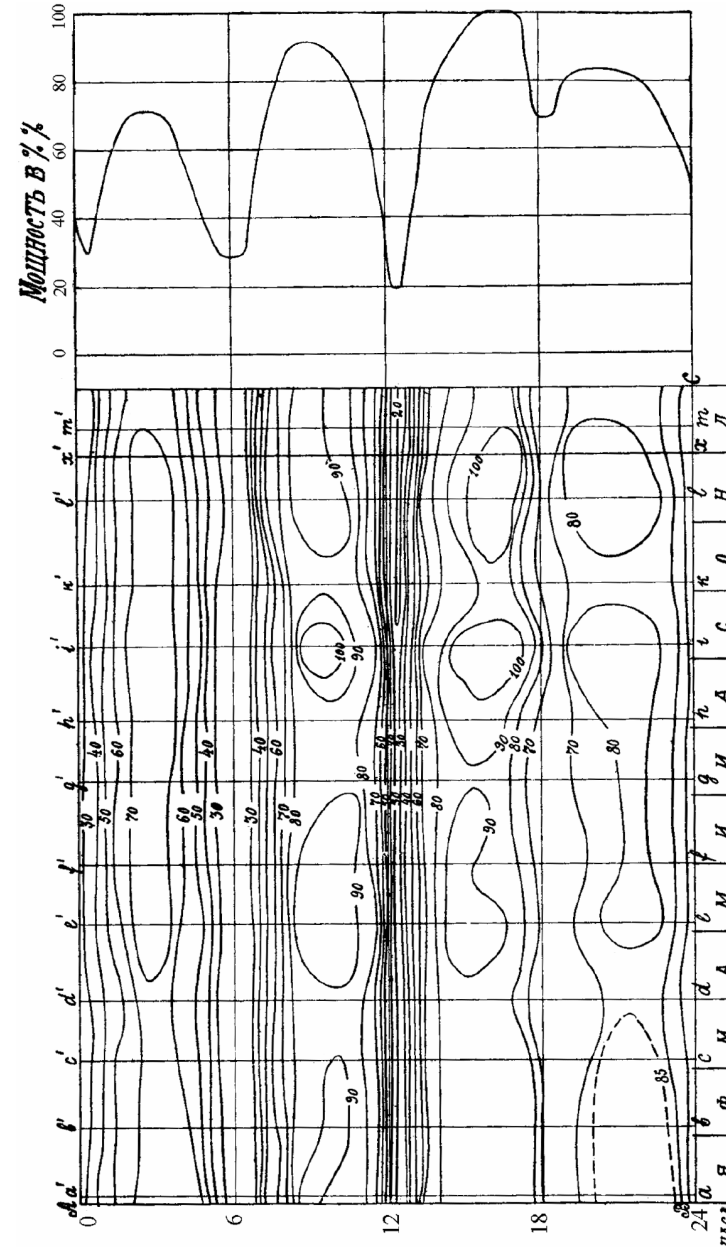


Рис. 7.7. Универсальный график Коломенского завода за 1916 г. (по будним дням)

для практики, требуется только 12 или даже 6 суточных графиков. Главное преимущество универсальных графиков заключается в том, что они дают точное представление об изменении нагрузки в течение всего года и поэтому незаменимы при изучении характера нагрузки. Кроме того, универсальный график позволяет построить суточный график нагрузки для любого дня; для этого достаточно провести через соответствующую этому дню точку  $x$  (на оси  $BC$ ) вертикальную линию  $xx'$  пересечение этой линии с горизонталями даст суточный график нагрузки. Такого рода построение выполнено в правой части рис. 7.7 для 1 декабря.

Проводя горизонтальную линию, соответствующую тому или иному часу суток, можно узнать, как изменится для данного часа нагрузка в течение всего года. График рис. 7.7 дает изменение нагрузки по будним дням. Для полного представления о нагрузке станции необходимо иметь еще два аналогичных графика – один для праздничных и один для предпраздничных дней.

Еще одним примером универсального графика нагрузки является график работы электрического наружного уличного освещения (рис. 7.8) [5, с. 20, фиг. 21]. Этот график по своему характеру одинаков и для крупных, и для небольших городов. Характер графика зависит только от географического положения (широты) города.

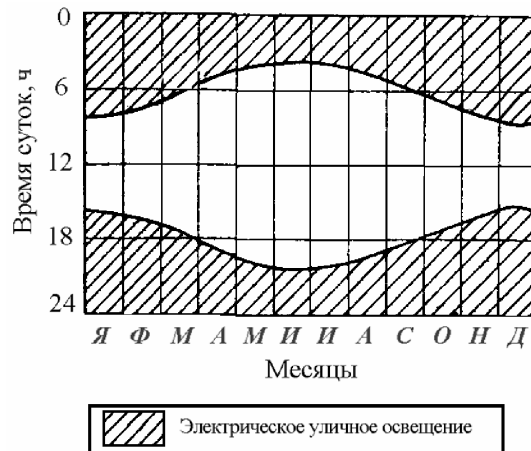


Рис. 7.8. Универсальный график работы электрического уличного освещения

# РАЗДЕЛ 8

## ■ КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

### 8.1. ПОНЯТИЕ О КОНТРОЛЬНЫХ КАРТАХ

Контрольные карты представляют собой вид графических изображений данных и контрольного диапазона, которые позволяют проводить текущий контроль производственного процесса на промышленном предприятии и прогнозировать его развитие. Техника контрольных карт относится к методу статистического регулирования качества [23]. Использование данного метода можно предупреждать отклонение параметров продукта производства от заданного диапазона. Назначение всякой контрольной карты – поддержание «статистически подконтрольного состояния» процесса или же, если это не имело места в начале производства, приведение его в подконтрольное состояние.

Различают контрольные карты по измеряемым (количественным) и неизмеряемым (качественным) признакам качества в зависимости от того, поддается ли признак количественному измерению или же допускает только качественную оценку.

К наиболее часто употребляемым контрольным картам по количественному признаку относятся: карты средних значений, карты индивидуальных значений, карты медиан, комбинированные контрольные карты, дающие значительно больше информации, чем карты с одной характеристикой.

### 8.2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И СПОСОБА ВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

На примере карты средних значений, лучше всего известной и нашедшей наибольшее распространение на практике, покажем общие принципы техники контрольных карт, т. е. их построение и способ их ведения [23].

Техника контрольных карт представляет собой, по сути дела, не что иное, как метод проверки определенной статистической гипотезы. Простота и возможность непосредственного включения в технологический процесс позволяет осуществлять текущий контроль производства.

Например, в цехе по нанесению селективного покрытия энергосберегающего стекла (вид  $K$  – стекла с напылением прозрачной пленки из окиси металла) необходимо проверить, обеспечивает ли установка заданные нормы качества покрытия изделий. Для этого у отдельных изделий определяют измеряемый признак – «толщина», номинальное значение которого должно быть  $a$ . Допустимые отклонения от номинального значения  $a$  составляют  $\delta_1, \delta_2$ , т. е. если толщина покрытия находится в пределах допуска

$T_H = a + \delta_1$  и  $T_B = a + \delta_2$ , то оно соответствует нормам качества, а если нет, то изделие считается негодным,  $[T_H; T_B]$  – поле допуска рассматриваемого признака. Его величина составляет  $T = T_B - T_H$ .

В начале производства оборудование настраивают на номинальную толщину. В дальнейшем, как показывает опыт, появляются отклонения размеров, обусловленные случайными и систематическими ошибками. К систематическим ошибкам в данном случае можно отнести износ оборудования, нагрев и деформацию обрабатываемого изделия, различия в сырье и пр. Связанные со случайными ошибками отклонения размеров вызываются рядом неподдающихся учету изменений, например, неподконтрольными явлениями вибрации оборудования.

Чтобы проконтролировать, не выпускает ли оборудование брака, то есть, не отклоняется ли толщина наносимого покрытия от номинала на величину, превышающую заданный допуск, через определенные заранее установленные промежутки времени измеряют толщину покрытия каждого из  $n$  последовательно выпущенных листов. Затем по полученным  $n$  индивидуальным значениям  $x_1, x_2, \dots, x_n$  рассчитывают среднее арифметическое. Согласно известной формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

проводят проверку статистической гипотезы  $H_0: \mu = a$ .

Условием применения такого статистического метода проверки гипотез является то, что признак  $X$  (в примере толщина покрытия) распределен по нормальному закону с математическим ожиданием  $\mu = a$  и дисперсией  $\sigma^2$ . На этом построены все методы контроля измеримых признаков качества.

По сделанному допущению гипотеза  $H_0$  не отвергается (т. е. установка обеспечивает номинальный размер), пока величина  $\bar{x}$ , рассчитанная по  $n$  индивидуальным значениям, удовлетворяет неравенство

$$|z| = \left| \frac{\bar{x} - a}{\sigma} \cdot \sqrt{n} \right| < z_\alpha,$$

$$a - z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \bar{x} < a + z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

или

Значение  $z_\alpha$  можно для заданного  $\alpha$  найти по соответствующей таблице, в основе которой лежит соотношение

$$\Phi(z_\alpha) = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

Гипотеза  $H_0$  отвергается, если отклонение расчетной величины от номинального значения  $a$  слишком велико, т. е. если  $|z| \geq z_\alpha$ . На практике это свидетельствует о том, что оборудование не обеспечивает номинального размера  $a$  вследствие некоторых неполадок, причину которых следует установить. Требуется настройка оборудования.

Устанавливая таким образом критическую область для гипотезы  $H_0$ , мы с вероятностью  $\alpha$  допускаем ошибку. Несмотря на истинность гипотезы  $H_0$  (что означает отсутствие необходимости настройки оборудования), определяются причины нарушения процесса в  $\alpha \cdot 100\%$  случаев и в зависимости от обстоятельств производится настройка оборудования. Ложное решение представляет собой ошибку 1-го рода, так как отвергается истинная гипотеза  $H_0$ .

Этот метод проверки можно упростить и приспособить для периодического отбора из текущей продукции  $n$  изделий.

Для этой цели на графике вычерчивают среднюю линию  $a$  и границы критической области гипотезы  $H_0$

$$K_H = a - z_\alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad K_B = a + z_\alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$



для заданного  $\alpha$  и постоянного  $n$  в виде горизонтальных прямых, проходящих через точки с координатами  $(0; a)$ ,  $(0; K_H)$  и  $(0; K_B)$ . По оси абсцисс на равных расстояниях откладываются моменты времени  $t_1, t_2, \dots$ , отбора  $n$  деталей, а по оси ординат в соответствующем масштабе наносятся средние арифметические значения  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots$ , рассчитанные по  $n$  измерениям (рис. 8.1).

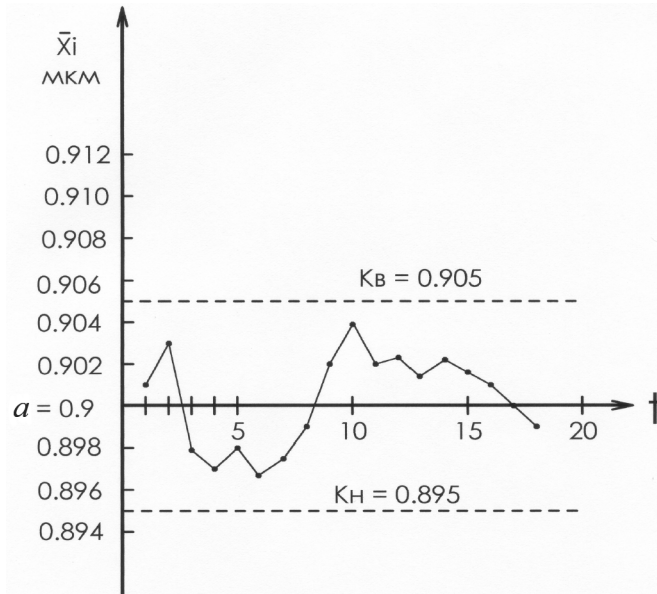


Рис. 8.1 Контрольная карта нанесения селективного покрытия энергосберегающего стекла (цифры условные)

Такой график называется контрольной картой, а именно контрольной картой средних арифметических значений, или сокращенно картой  $\bar{x}$ . Прямые, проходящие через точки  $(0; K_H)$  и  $(0; K_B)$ , где  $K_H$  и  $K_B$  называются соответственно нижней и верхней контрольными границами. Они расположены симметрично относительно средней линии, проходящей через точку  $(0; a)$ , и расстояние между ними составляет  $2 z_{\alpha} \sigma / \sqrt{n}$ .

Контроль производится следующим образом: в установленный момент времени  $t_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) отбирают последние  $n$  изготовленных оборудованием изделия (мы называем эти изделия пробой или подгруппой, но не выборкой, поскольку

они отбираются из продукции не наудачу, а последовательно друг за другом и поэтому могут быть взаимозависимы) и рассчитывают по ним среднее арифметическое:  $\bar{x}_i$ , которое для соответствующего  $t_i$  наносится на контрольную карту в виде точки или крестика. До тех пор, пока такая точка находится внутри контрольных границ  $K_H$  и  $K_B$ , оборудование обеспечивает номинальный размер толщины покрытия. Процесс стабилен и находится в статистически подконтрольном состоянии. Появление значения ординаты, расположенной над верхней границей  $K_B$  или под нижней границей  $K_H$ , рассценивается как сигнал к остановке производственного процесса и проверке настройки оборудования. Процесс находится в неподконтрольном состоянии. В таком случае необходимо проконтролировать все изделия, выпущенные в период между данным и предшествующим отборами пробы, и произвести разбраковку.

Такое упрощенное проведение статистического контроля с помощью контрольной карты дает, кроме того, представление об изменении состояния технологического процесса на данном оборудовании во времени. Если все зафиксированные точки соединить ломаной линией (рис. 8.1), то по ее тенденции к росту или спаду, т. е. по ее «ходу», можно проследить появление систематических ошибок (например, износ оборудования) и в нужный момент вмешаться в ход технологического процесса с целью предупреждения брака.

При построении всякой контрольной карты важнейшей задачей является расчет контрольных границ  $K_B$  и  $K_H$ . Эти величины зависят от характеристик производственного процесса – от номинального размера  $a$ , дисперсии  $\sigma^2$  и от вероятности ошибки  $\alpha$ , объема пробы  $n$ . Значения  $\alpha$  и  $n$  заранее фиксируются.

Для вероятности ошибки в американской литературе рекомендуется величина  $\alpha = 0,0027 = 0,27\%$ , чему соответствует  $Z_{0,0027} = 3$ . Это означает, что для статистически подконтрольного процесса в интервале между контрольными границами

$$K_H = a - 3 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad K_B = a + 3 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

ожидается появление 99,73 % всех значений наблюдаемого признака.

Это положение верно только при условии, что наблюдаемый признак имеет нормальное распределение с математическим ожиданием  $\mu = a$  и дисперсией  $\sigma^2$ . Если это допущение в некоторых практических ситуациях невыполнимо, то, согласно неравенству Чебышева, принимается более слабое утверждение, а именно: внутри контрольных границ располагается по меньшей мере 89 % всех значений  $\bar{x}$ .

Английские статистики избирают величину  $\alpha = 0,01 = 1\%$ , т. е.  $Z_{0,01} = 2,576$ , так что внутри контрольных границ

$$K'_H = a - 2,576 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad K'_B = a + 2,576 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

следует ожидать 99 % всех значений  $\bar{x}$ . Различие между  $K_B$ ;  $K_H$  и  $K'_B$ ;  $K'_H$  выражается в ширине интервала контроля: первый интервал несколько шире второго, однако это расхождение невелико. Важно то, что при статистически подконтрольном процессе «почти все» значения лежат внутри контрольных границ.

Часто наряду с этими формулами для  $\alpha = 0,05 = 5\%$  ( $z_{0,05} = 1,96$ ) рассчитывают и наносят на карту так называемые предупредительные границы, нарушение которых предупреждает о необходимости усиления контроля.

$$W_H = a - 1,96 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad W_B = a + 1,96 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Вмешательство в ход процесса осуществляется только при нарушении контрольных границ. Область внутри контрольных границ в литературе часто именуется естественным допуском.

Желательно выдерживать постоянный объем пробы  $n$ , так как в противном случае при всяком изменении  $n$  следует рассчитывать новые контрольные границы, что весьма усложняет составление контрольной карты. На практике обычно используются величины  $n = 4, 5, 6$  или  $7$ . Из них особенно предпочтительны нечетные объемы пробы  $n = 5$  и  $n = 7$ , потому что по ним легко найти медиану, часто применяемую в контрольных картах. Следует сознательно выбирать небольшие объемы проб  $n$  в целях сокращения до минимума объема вычислительных операций после взятия каждой пробы. Например, по 5 индивидуальным значениям без долгих вычислений и вспомогательных средств легко определить среднее арифметическое или размах.

# **РАЗДЕЛ 9**

## **■ ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ ГРАФИКИ**

### **9.1. ПОНЯТИЕ О ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ГРАФИКАХ**

Для изучения различных процессов в некоторых случаях необходимо иметь график одновременности работы отдельных объектов или механизмов единого комплекса.

Взаимосвязанные графики – это вид графических изображений, отражающих временное изменение взаимосвязанных разнообразных показателей. Различают взаимосвязанные графики накопительного типа и технологические.

Как правило, эти графики размещаются один под другим в прямоугольной системе координат. При этом на оси абсцисс откладывают значения времени, а на оси ординат – сопоставляемые показатели.

### **9.2. ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ ГРАФИКИ НАКОПИТЕЛЬНОГО ТИПА**

Графики накопительного типа представляют изменение одного и того же параметра по отдельным составляющим объекта во времени. Типичным примером таких графиков являются суточные графики электрических нагрузок подразделений объекта с графиком суммарной нагрузки электрической энергии объекта (рис. 9.1).

Достоинством таких графиков является возможность получения суммарных значений электрических нагрузок во времени, а также определения расхода электрической энергии, равного площади фигуры графика.

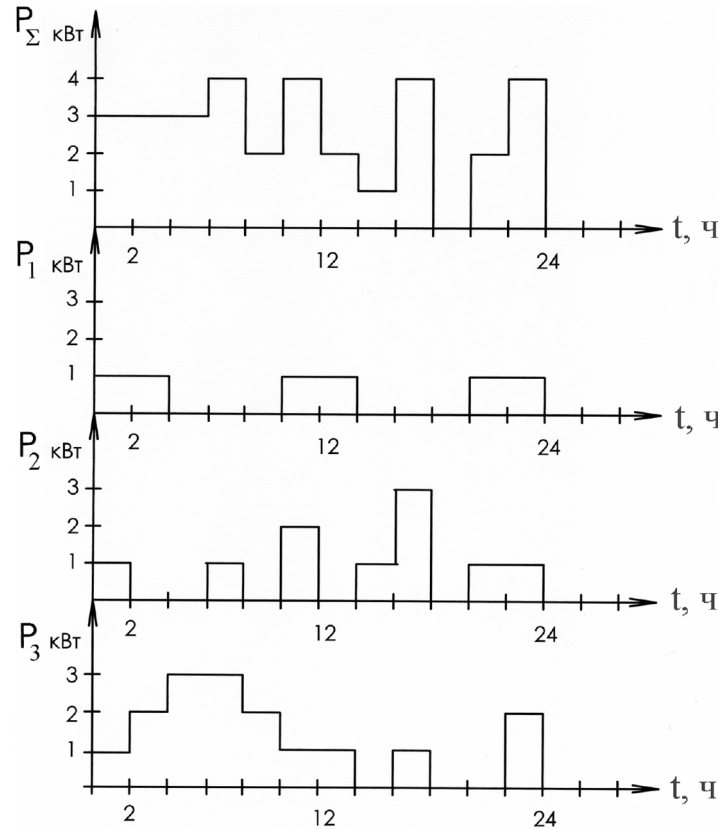


Рис. 9.1. Суточные графики электрических нагрузок подразделений объекта (цифры условные)

### 9.3. ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАФИКИ

Технологически связанные графики показывают изменение различных параметров одного и того же объекта в одно и то же время. В качестве примера можно дать изменение параметров (скорости, ускорения, рывка и тяговых усилий) подъемной установки за цикл работы, представленное на рис. 9.2.

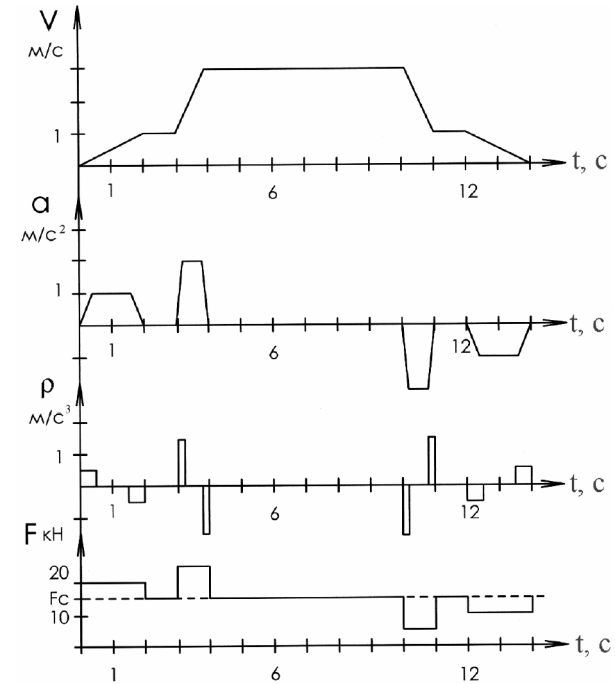


Рис. 9.2. Изменение параметров подъемной установки за цикл работы (цифры условные)

На рис. 9.2 представлены диаграммы скорости (семи-периодная диаграмма), ускорения, рывка и тяговых усилий уравновешенной подъемной установки, которые достаточно полно характеризуют режим работы подъемного механизма и являются исходными данными для последующих расчетов (расчет мощности привода и др.).

# РАЗДЕЛ 10

## ОБЩИЕ СОВЕТЫ И ПРИМЕРЫ ПО ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГРАФИКОВ

### 10.1. НЕКОРРЕКТНЫЕ ГРАФИКИ

В предыдущих разделах мы обращали внимание только на корректные процедуры построения графиков и привели примеры правильно построенных графиков. Однако, не имея надлежащего опыта, можно построить также графики, которые сильно искажают статистические данные. Лучшей защитой от таких ошибок является изучение нескольких примеров некорректных графиков.

Первый пример некорректного графика изображает динамику потребления электроэнергии в Украине за 1990–1995 гг. от общей выработки в % (рис. 10.1).

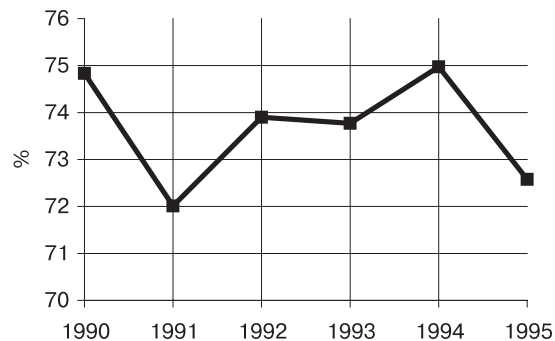


Рис. 10.1. Динамика потребления электроэнергии в Украине за 1990–1995 гг. от общей выработки в %

На данном графике изображено то, что объем потребленной электроэнергии с 1991 по 1994 г. увеличился на 3 %.

Однако из-за того, что вертикальная шкала графика начинается не с 0 %, как это следовало бы сделать, создается впечатление, что процент потребления электроэнергии в

1994 г. в 2,5 раз выше, чем в 1991 г. Действительные отношения процентов потребления электроэнергии по годам выясняются лишь тогда, когда шкала начинается от 0 и идет до 76 % [9]. Такая же ошибка допущена при построении графиков рис. 10.2, 10.3 [9, рис. 30; 31, с. 131]. Кроме того, на этих графиках отсутствует градуировка оси ординат, что приводит к еще большему искажению восприятия данных.

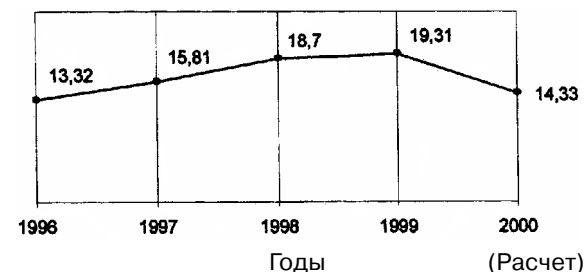


Рис. 10.2. Технологические потери электроэнергии при передаче в электрических сетях энергетических компаний Минэнерго Украины, %

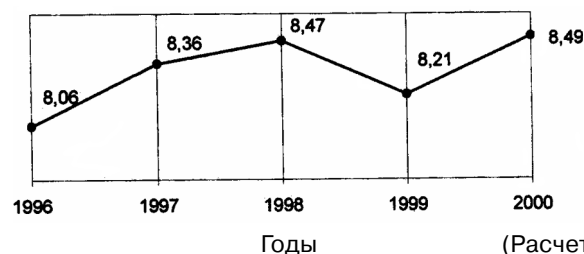


Рис. 10.3. Технологические потери электроэнергии на собственные нужды тепловыми электростанциями при производстве электроэнергии энергетическими компаниями Минэнерго Украины, %

На другом примере (рис. 10.4) изображено сравнение объемов потребления в Хмельницкой области в 1990 г. угля и топочного мазута (тыс. т у.т.) по данным табл. 3.3. Диаметр каждого круга соответствует объемам потребления угля и топочного мазута. Объем потребления мазута, как это следует из сравнения диаметров двух кругов, больше в 2,5 раза потребления угля. Однако, глаз любого человека, охватывая площади кругов, воспринимает объем потребления указан-

ного топлива неверно. Хотя диаметр большего круга равен только двум с половиной диаметрам меньшего круга, его площадь воспринимается в 6 раз больше площади меньшего круга. Геометрические фигуры могут внести путаницу при некорректном использовании их для изображения величин, в данном случае объем потребления топлива должен быть пропорционален площади круга, а не его радиусу.

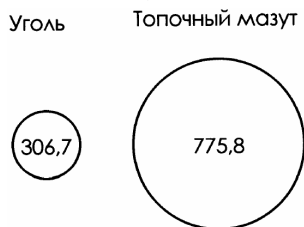


Рис. 10.4. Сравнение объемов потребления в Хмельницкой области в 1990 г. угля и топочного мазута, тыс. т у. т.

Наиболее серьезной ошибкой при построении графиков является некорректное описание осей координат. Несмотря на то, что обезличенные оси редки в публикациях, они все же слишком часто попадают в предварительных вариантах неопубликованных научных работ. Можно значительно сэкономить время и улучшить качество информации, если не строить графики без корректной экспликации.

График рис. 10.5, построенный по данным табл. 3.5, не корректен без указания количества действующих энергоблоков на горизонтальной оси. Невозможно проверить, как группируются страны по количеству действующих энергоблоков.

Возможные промахи при построении графиков не исчерпываются вышеприведенными примерами.

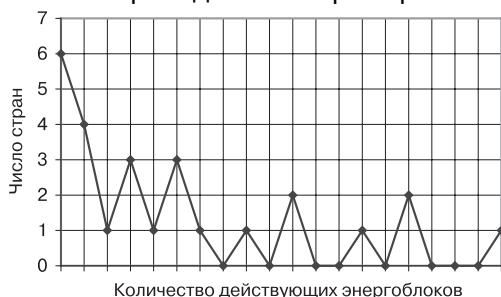


Рис. 10.5. Распределения действующих в 1999 г. энергоблоков (до 20 в стране) в странах с атомной энергетикой

## 10.2. ОБЩИЕ СОВЕТЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ И ЧТЕНИИ ГРАФИКОВ

Построение и чтение графиков должно опираться на множество практических навыков. Приводим некоторые из рекомендованных правил при графической обработке данных и чтении графиков:

- во всякой диаграмме графический образ, как основной элемент, для которого существуют и которому подчинены все остальные элементы, должен быть в центре внимания пользователя;
- композиция диаграммы должна подчиняться правильному соотношению ее частей (согласованию их размеров, толщины, формы и положения);
- график должен быть достаточно четким, но наиболее важные его элементы должны выделяться на общем фоне в соответствии с их значением;
- вертикальную шкалу для кривой независимо от ее назначения желательно выбирать так, чтобы на диаграмме оказалась нулевая отметка;
- нулевые линии шкал для кривой следует резко отграничивать от других координатных линий;
- когда шкала относится к датам, а представляемый период является неполным, лучше не выделять первые и последние ординаты, так как подобная диаграмма не отмечает начало или конец времени;
- для кривых, которые имеют шкалу, изображающую проценты, желательно выделить каким-то образом линию 100% или другие линии, используемые в качестве основы для сравнения, а также обязательно показывать 0%;
- кривые линии диаграммы должны резко отличаться от прямых линий;
- для кривых, характеризующих группы наблюдений, рекомендуется по возможности ясно указывать на диаграмме все кривые, представляющие отдельные наблюдения;
- горизонтальную шкалу для кривых следует писать слева направо, а вертикальную – снизу вверх;
- рекомендуется показывать достаточный минимум координатных линий для облегчения чтения диаграммы;

- при необходимости желательно включать в график цифровые данные или формулы;
- на графиках при резких колебаниях кривых закрашка полос неудобна;
- использование изображения линейных величин с помощью площадей или объемов некорректно, т.к. их не удастся правильно истолковать;
- характер координатной сетки должен быть разным в зависимости от назначения графического образа. Если внимание пользователя должно сосредоточиться на графическом образе как целом, а не на отдельных его частях, сетка должна быть возможно менее заметной: редкой, с большими интервалами между линиями, которые должны быть несколько толще обычных. Если имеет значение не только графическое изображение в целом, но и его отдельные точки, сетка должна быть достаточно частой. Ее линии должны быть достаточно тонки, но с утолщением на кратных 5-ти, 10-ти и т. д. линиях. Иногда бывает полезно сетку делать в той части графика, на которую следует обратить особое внимание;
- название графика располагают под ним, хотя иногда его можно писать выше диаграммы, если она не предназначена для печати, например, в настенных графиках;
- наименования следует формулировать возможно яснее и полнее. Если требуется, необходимо дополнительно вводить подзаголовки или пояснения;
- общая структура графиков должна предполагать чтение слева направо;
- чтение графика следует начинать с заголовка, сообщающего, какие сведения можно из него получить. Затем надо уяснить строение графического образа и изучить специфику его элементов: шкалу, масштабы, единицы измерения, легенды и т.п., что необходимо для определения сообщаемой информации по частным вопросам. Нужно начинать восприятие графического образа как общего целого, т. е. во взаимоотношениях элементов. Затем надо увидеть выражаемое содержание графика, ясно представлять, чему соответствуют те или иные изменения графического образа.

### 10.3. ПРИМЕРЫ ГРАФИКОВ

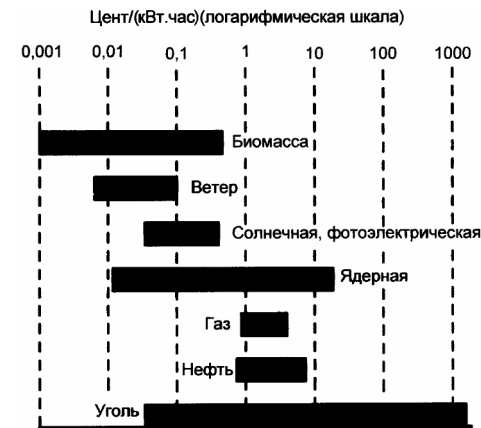


Рис. 10.6. Оценка ущерба из-за загрязнения окружающей среды при производстве электроэнергии (ленточная диаграмма сравнения с логарифмической шкалой) [13, с. 7, рис.1]

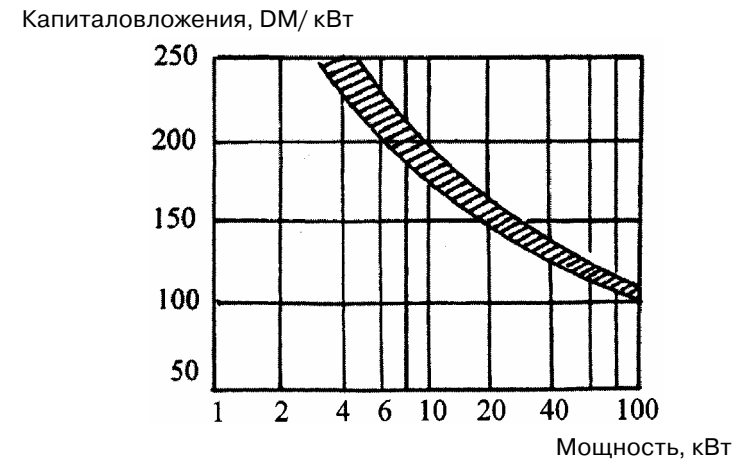


Рис. 10.7. Удельные капиталоложения в котелную, работающую на газе или жидком топливе (1989 г.) (диаграмма с логарифмической шкалой) [14, с. 14, рис. 1]

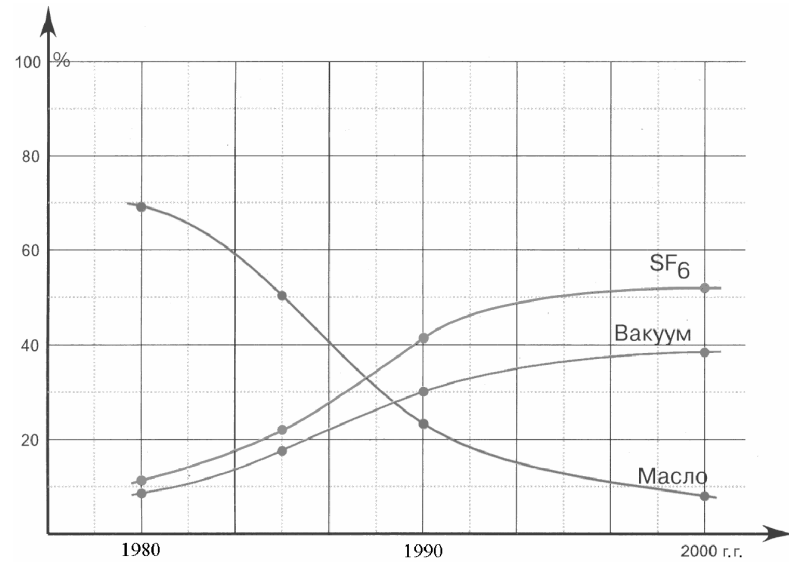


Рис. 10.8. Распространение в % использования дугогасящих сред в выключателях среднего напряжения в ЕЭС (диаграмма динамики)

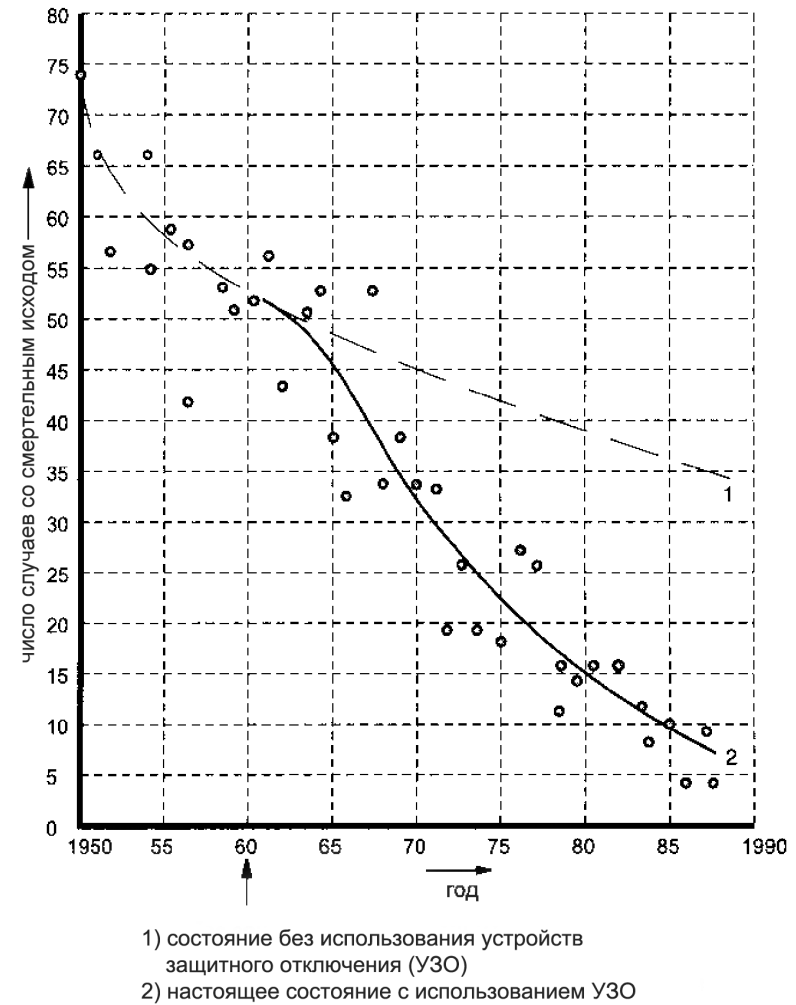


Рис. 10.9. Изменение количества несчастных случаев со смертельным исходом от поражения человека током в Австрии до и после введения закона об использовании УЗО (диаграмма динамики) [10, с. 40, рис. 5]



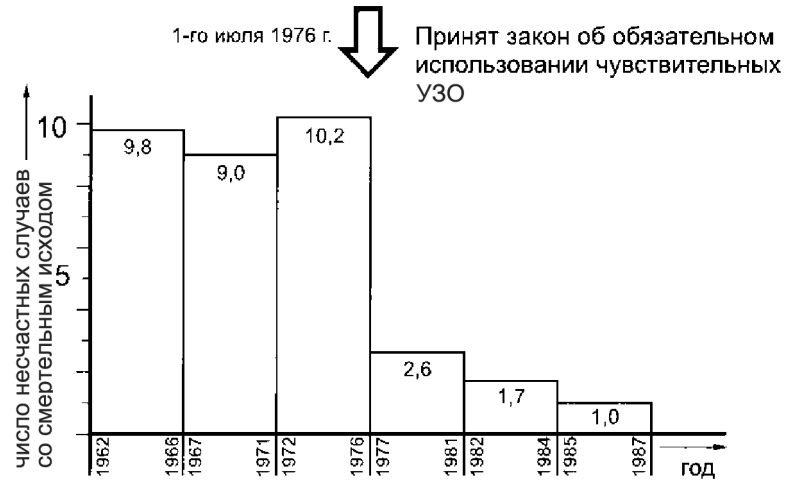


Рис. 10.10. Изменение количества несчастных случаев со смертельным исходом в Швейцарии (диаграмма динамики) [10, с.40, рис. 4]

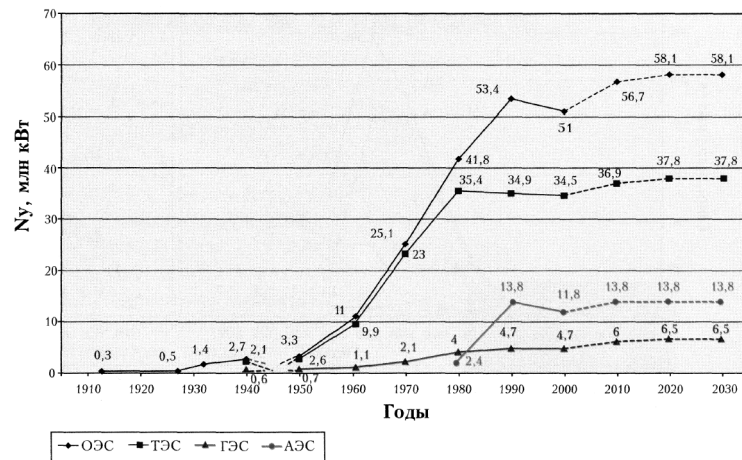


Рис. 10.11. Установленная мощность электростанций ОЭС Украины, млн кВт (диаграмма динамики) [16, с. 43, диагр. 1]

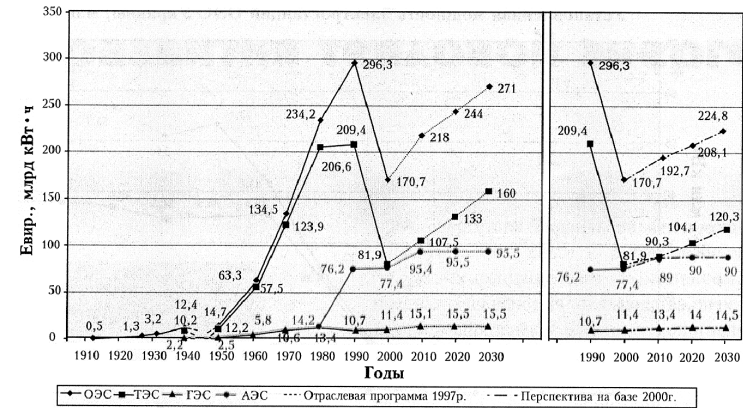


Рис. 10.12. Выработка электроэнергии электростанциями ОЭС Украины, млрд кВт·ч (диаграмма динамики) [16, с.44, диагр.2]

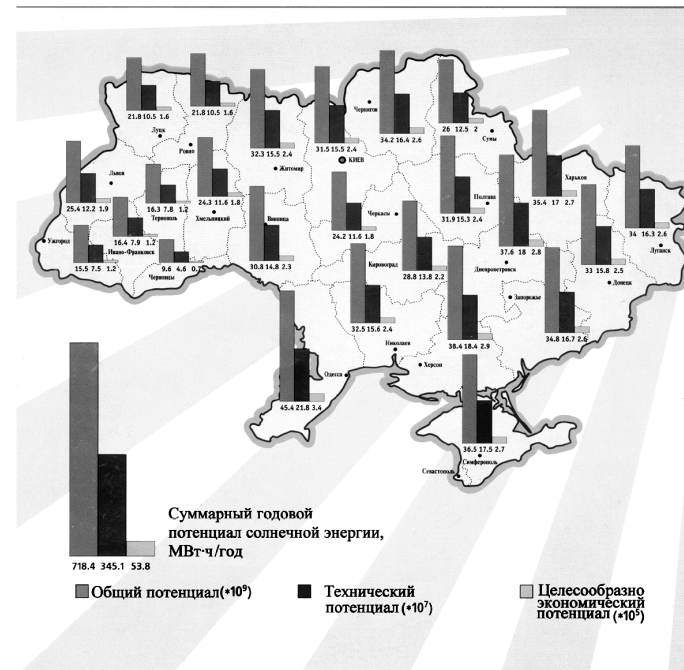


Рис. 10.13. Потенциал солнечной энергии на территории Украины (картодиаграмма) [8]

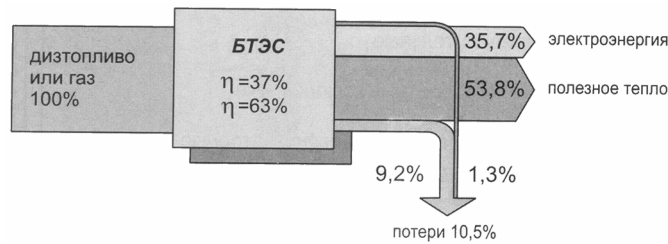


Рис. 10.14. Распределение потоков энергии при работе теплоэлектростанции фирмы АВЗ (диаграмма Сэкэй) [2, с. 39, рис.2]

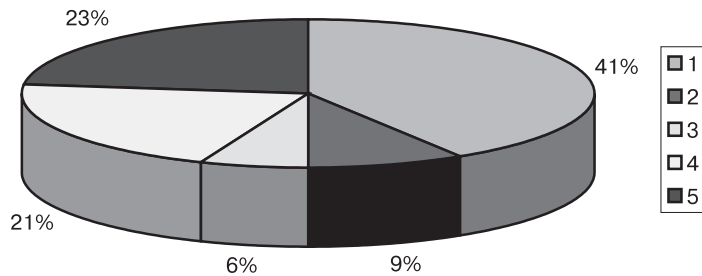


Рис. 10.15. Потребление электроэнергии заводом угольного машиностроения «Красноармейский машиностроительный завод» Донецкой области:

1 – основное производство 546,5 тыс. кВт·ч; 2 – компрессорные установки 125,2 тыс. кВт·ч; 3 – насосы разные 87,9 тыс. кВт·ч; 4 – освещение 301,7 тыс. кВт·ч; 5 – электрообогрев и прочее оборудование 324,3 тыс. кВт·ч (диаграмма баланса) [15, с.20, рис.4]

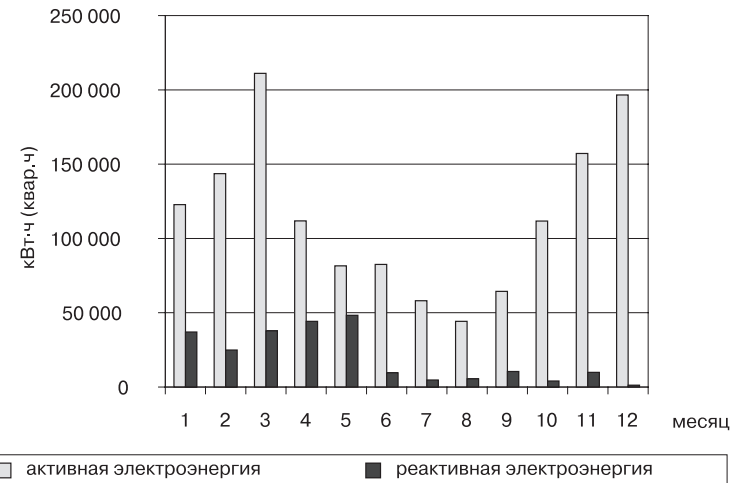


Рис. 10.16. Помесячный график потребления электроэнергии заводом угольного машиностроения «Красноармейский машиностроительный завод» Донецкой области (диаграмма сравнения) [15, с.17, рис.1]

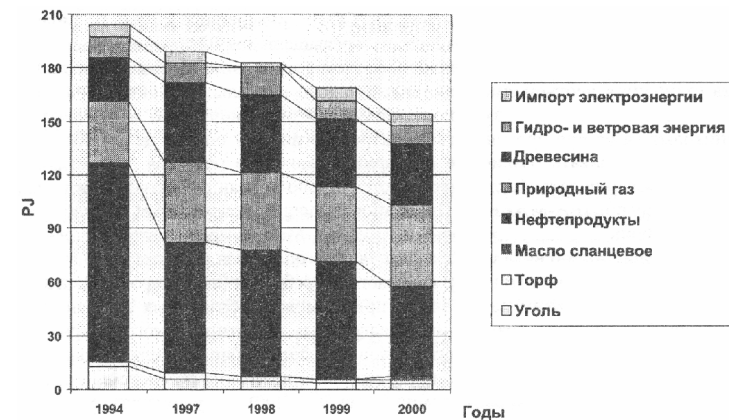


Рис. 10.17. Структура потребления первичных энергоресурсов в Латвии (диаграмма сравнения) [4, с.30, рис.2]

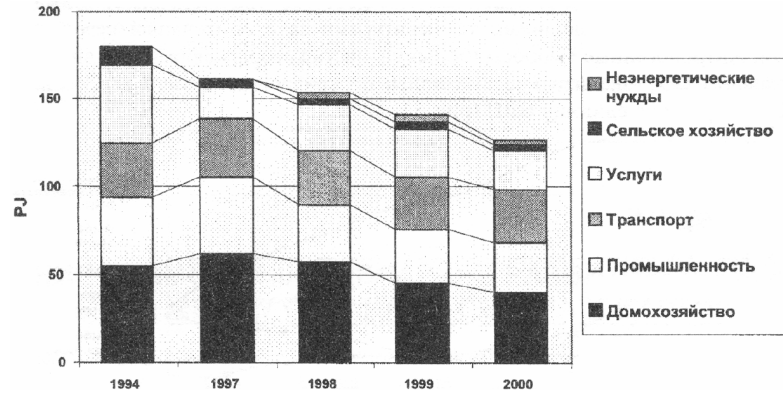


Рис. 10.18. Структура потребления энергоресурсов по отраслям в Латвии (диаграмма сравнения) [4, с.30, рис.3]

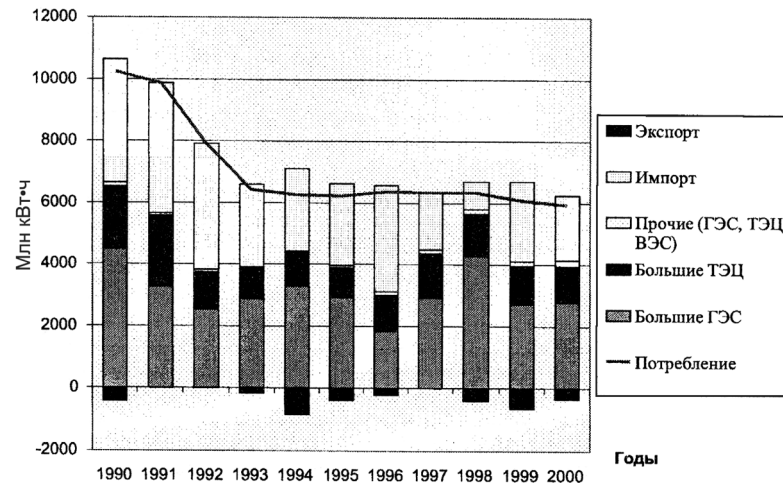


Рис. 10.19. Производство и потребление электроэнергии (вместе с потерями) в Латвии (диаграмма динамики) [4, с.31, рис.4]



Рис. 10.20. Распределение солнечных коллекторов для нагрева воды на территории Болгарии в 1999 г. (картодиаграмма) [1]

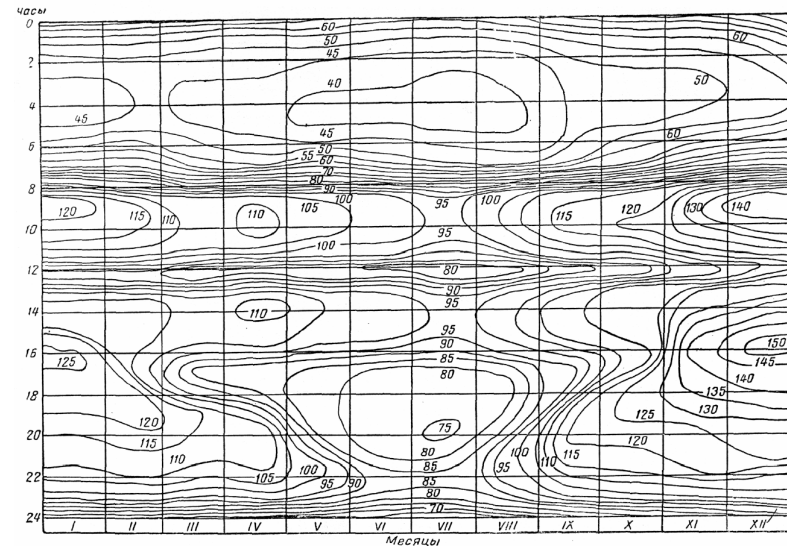


Рис. 10.21. Нагрузка электростанции по дням и часам года (универсальный график, цифры условные)

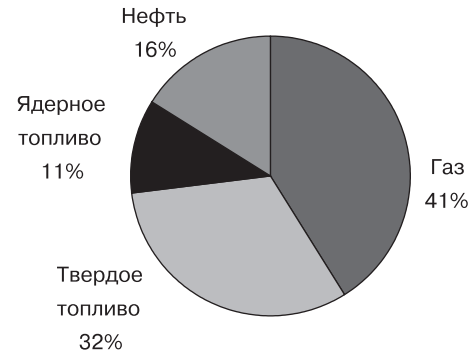


Рис. 10.22. Источники первичной энергии в Украине в 1995 г. (диаграмма баланса) [17]

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- **Абсцисса** (ось  $x$ ) – горизонтальная ось графика, на которой откладываются значения независимой переменной или времени, или значения признака.
- **Варианты** – отдельные значения признака, которые он принимает в вариационном ряду, т. е. конкретное значение варьирующего признака.
- **Вариационный ряд** – один из видов статистического ряда распределения, построенный по количественному признаку. Различают дискретный и интервальный вариационные ряды.
- **Геометрические знаки** – точки, линии, плоскости, геометрические фигуры.
- **Гистограмма** (столбиковая диаграмма) – диаграмма распределения величин, представленных вариационным рядом.
- **График взаимосвязанный** – вид графического изображения, отражающий временное изменение взаимосвязанных разнообразных показателей. Различают взаимосвязанные графики накопительного типа и технологические.
- **График статистический** – (диаграмма), чертеж, на котором статистические совокупности, характеризующиеся определенными показателями, описываются с помощью условных графических образов.
- **Графическая карта** – график количественного распределения показателя по поверхности или времени. Различают статистические карты, универсальные графики.
- **Графический метод** – вид особой знаковой системы, связанной с развитием семиотики.
- **Графический образ** – совокупность геометрических знаков и сложных фигур, с помощью которых изображаются различные показатели.
- **Диаграмма** – то же, что и график.
- **Диаграмма динамики** – графическое изображение изменения показателей во времени. Различают диаграм-

мы линейные, спиральные, круговые с равномерной или полулогарифмической сеткой.

- **Диаграмма распределения величин** – графическое изображение вариационного ряда. Различают гистограмму, полигон, огиву, кумуляту.
- **Диаграмма сравнения** – графическое сопоставление статистических показателей. Различают диаграммы: столбиковые, числовых отклонений, ленточные (полосовые), направленные, квадратные, круговые, фигурных знаков, точечные, знаков Варзара.
- **Диаграмма структурная** – графическое изображение состава статистических совокупностей, характеризующихся как соотношение их различных частей с помощью абсолютных или относительных показателей. Различают диаграммы: полосовые, столбиковые, секторные, диаграмма Сэкэй.
- **Диаграмма Сэкэй** – один из видов структурных диаграмм, основной целью построения которой является графическое наглядное изображение баланса совокупности.
- **Знаки Варзара** – один из видов диаграмм сравнения (прямоугольная диаграмма), основной целью которой является сравнение трех различных мультипликативно связанных показателей.
- **Изолинии** – линии равного значения показателя в его распространении на карте или графике, отражающие непрерывное изменение показателя в зависимости от двух других переменных.
- **Картограмма** – графическое изображение на схематической географической карте сравнительной интенсивности какого-либо показателя в пределах каждой единицы нанесенного на карту территориального деления. Различают картограммы точечные, фоновые, изолинии.
- **Картодиаграмма** – сочетание диаграмм с географической или иной картой.
- **Контрольная карта** – вид графических изображений статистических данных и контрольного диапазона, которые позволяют проводить текущий контроль про-

изводственного процесса на промышленном предприятии.

- **Координатная система** – пространственные ориентиры графика. Совокупность элементов, определяющих положение точки на прямой или кривой линии, на плоскости или в пространстве. Существует прямоугольная, полярная и др. системы координат.
- **Кривая Лоренца** – (кривая концентрации или кривая дифференциации) одна из разновидностей кумулятивных диаграмм, основной целью построения которых является графическое отображение степени равномерности распределения единиц совокупности между различными значениями изучаемого признака.
- **Кумулята** – (кривая сумм) один из видов диаграмм распределения величин, представленных вариационным рядом. Графическое изображение накопления величин.
- **Логарифмическая шкала** – неравномерная шкала, графические интервалы которой пропорциональны логарифмам изображенных чисел.
- **Масштаб графика** – мера перевода числовой величины в графическую. Различают линейный и логарифмический масштаб.
- **Масштабная шкала** – линия, отдельные точки которой обозначают определенные числа. Состоит из носителя шкалы, имеющего графические и числовые интервалы. Существует равномерная, логарифмическая шкала.
- **Масштабные ориентиры графика** – пространственные ориентиры графика в системе координат (прямоугольной, полярной, полулогарифмической).
- **Оги́ва** – один из видов диаграмм распределения величин, представленных вариационным рядом. Графическое изображение накопления величин. Аналогична кумуляте, оси которой поменяны местами.
- **Ордината** (ось  $y$ ) – вертикальная ось графика. На ней откладываются значения зависимой переменной или уровни ряда динамики, или частота повторения значений признака.
- **ОЭСР** – Организация экономического сотрудничества и развития.

- **Плотность распределения** – частота, рассчитанная на единицу ширины интервала, т. е. сколько единиц в каждой группе приходится на единицу величины интервала.
- **Поле графика** – часть плоскости, на которой расположены графические образы.
- **Полигон** – график в виде ломаной линии, изображающей дискретные вариационные ряды.
- **Полулогарифмическая координатная сетка** – сетка, в которой на одной оси нанесен линейный масштаб, а на другой – логарифмический.
- **Ряд распределения** – упорядоченное распределение единиц совокупности на группы по определенному варьирующему признаку.
- **Семиотика** – наука о знаках и знаковых системах, использующихся для передачи информации.
- **Статистическая карта** – графическое изображение статистических данных на схематической географической или иной карте, характеризующих уровень или степень распределения того или иного явления. Различают картограммы и картодиаграммы.
- **Статистический** – связанный с количественным учетом массовых явлений.
- **Универсальный график** – графическое изображение статистических данных на карте времени, т. е. временного размещения или распространенности статистических данных.
- **Частости** – частоты, выраженные в долях единицы или в процентах к итогу. Соответственно сумма частостей равна 1 или 100 %.
- **Частоты** – численности отдельных вариантов или каждой группы вариационного ряда, т. е. это числа, показывающие, как часто встречаются те или иные варианты в ряду распределения.
- **Экспликация** – словесное описание содержания графика.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DEMO SOLAR EAST-WEST, ICOP-DEMO, Project 4051 | 98. – Вып. 2000. – 2002, сентябрь.
2. Автономные блочные теплоэлектростанции. Информация предоставлена фирмой «Селком» // Электропанорама. – 2000, июль, август. – С. 38–39.
3. Айземан М. А., Браверман Э. М., Розеноэр Л. И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. – М.: Наука, 1970. – 383 с.
4. Алм Л. К., Рекис Я. А., Ванзович Э. П., Махнитко А. Е. Моделирование возможных сценариев развития энергетического рынка между странами Севера и Балтии // Энергетика: економіка, технології, екологія. – № 4 – 2001. – С. 28–33.
5. Горбунов Г. Г. Графики электрической нагрузки. Способы их построения и применения при проектировании электрических станций – Л.: Кубуч, 1927. – 142 с.
6. Энергетична політика України. Огляд 1996 року. – OECD / OCDE, 1996. – 215 с.
7. Зайфрид Д. Энергия: веские аргументы. – К.: Эхо-Восток, 1994. – 153 с.
8. Зелена энергетика. – № 4. – 2001.
9. Ковалко М. П., Віхарев Ю. О., Денисюк С. П. та ін. Паливно-енергетичний комплекс України у цифрах та фактах. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2000. – 152 с.
10. Козлов В. Д. Устройство защитного отключения (вопросы теории и практики) // Электропанорама. – 2000, май-июнь. – С. 38–40.
11. Комплексна програма енергозбереження Хмельницької області на 2001–2010 роки. – Хмельницький, 2001. – 239 с.
12. Кононенко В. В., Шихин А. Я. Экономия электроэнергии на строительстве. – М.: Высш. шк., 1990. – 72 с.
13. Коробко Б. П., Жовнір М. М. Энергетика Украины на базі альтернативних і відновлюваних джерел енергії. Стан і перспективи розвитку // Ринок інсталяційний. – № 3. – 2001. – С. 7–9.

14. Крикавський Є. В., Жуковська З. С., Терех М. В. Стан і перспективи розвитку централізованого теплопостачання // Ринок інсталяційний. – № 3. – 2001. – С. 14–15.
15. Лобода В. В., Архангельский Л. Н., Мялковский В. И., Верещагин В. П. Энергоаудит завода угольного машиностроения // Энергосбережение. – № 5. – 2002. – С. 16–21.
16. Петров В. С., Гончаренко В. П., Погарова Л. С. Проблемы и перспектива развития тепловой энергетики Украины // Энергетика и электрификация. – 2001, август. – С. 42–44.
17. Праховник А. В., Розен В. П., Разумовський О. В., Соловей О. І., Іншеков Є. М., Конеченков А. Є., Дешко В. І., Мамалига В. М. Энергетичний менеджмент: Навчальний посібник. – К.: Київ. нот. ф-ка, 1999. – 184 с.
18. Справочник по электропотреблению в промышленности /Под ред. Минина Г.П., Копытова Ю.В./ – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978. – 496 с.
19. Справочная книга для проектирования электрического освещения /Под ред. Г.М. Кнорринга/ – Л.: Энергия, 1976. – 384с.
20. Федоров А. А., Каменева В. В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
21. Чекотовский Э. В. Графический анализ статистических данных в Microsoft Excel 2000 – М.: Вильямс, 2002. – 464 с.
22. Шмойлова Р. А., Шувалова Е. Б., Глубокова Н. Ю. и др. Теория статистики: Учебник /Под ред. Р.А. Шмойловой/ – 3-е изд., перераб. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 560 с.
23. Шторм Р. Теория вероятности. Математическая статистика. Статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – 368 с.

*Учебное издание*

Каминчик Василий Григорьевич  
Розен Виктор Петрович  
Соловей Александр Иванович  
Танский Александр-Михаил Михайлович

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ  
ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

*Учебное пособие*

Редактор	Вдовиченко Валентина Николаевна
Корректор	Асташева Мария Васильевна
Компьютерный набор	Танский Александр-Михаил Михайлович
Дизайн обложки	Ястребов Андрей Александрович

Подписано к печати 15.03.04. Формат 84×108<sup>1/32</sup>.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Прагматика.  
Усл.-печ. листов 5,46. Учёт.-изд. листов 6,24.  
Тираж 1000 экз. Заказ № .

---

Издательство «Кондор»  
Свидетельство ДК № 1157 от 17.12.2002 г.  
03057, г. Киев, пер. Полевой, 6  
тел./факс (044) 456-6082, 241-8347