

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Владимирский государственный университет

В. С. ОРОБИНСКИЙ

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО ИЗУЧЕНИЮ
ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ**

Владимир 2005

УДК 625.7(076)
ББК 26.1
О69

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного педагогического университета
В.М. Усоев

Кандидат геолого-минералогических наук, доцент
зав. кафедрой географии Владимирского
государственного педагогического университета
И.А. Карлович

Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
В.П. Валуйских

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

О69 **Оробинский, В. С.** Учебное пособие по изучению топографической карты / В. С. Оробинский ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2005. – 32 с.
ISBN 5-89368-606-3

Содержит общие положения о плане, карте, профиле; номенклатуру планов и карт; масштабы, и их виды; условные знаки; сведения о рельефе местности и способах их отображения, свойствах горизонталей, основных формах рельефа, а также инженерно-графические задачи и способы их решения.

Предназначено для студентов негеодезических вузов.

Ил. 22. Библиогр.: 4 назв.

УДК 625.7(076)
ББК 26.1

ISBN 5-89368-606-3

© Владимирский государственный
университет, 2005

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие по изучению топографической карты рассчитано на студентов негеодезических специальностей, изучающих основы геодезии по сокращенной программе, и предназначено для выполнения лабораторных работ по изучению плана и карты. Пособие включает две главы.

В первой главе рассматривается содержание карты, которое включает номенклатуру планов и карт, систему построения номенклатуры, ее подразделение в зависимости от масштаба и систему обозначения каждого листа плана или карты. Масштабы отображают уменьшение объектов местности на плане и карте и подразделяются на численный, линейный и поперечный. Дается определение графической точности поперечного масштаба и плана. При рассмотрении условных знаков, приводится их классификация на масштабные, внемасштабные и промежуточные. Приведены рельеф местности и способы его отображения, свойства горизонталей, основные формы рельефа.

Неявная информация на карте и плане может быть получена решением инженерно-геодезических задач, которые приведены во второй главе. При этом могут быть определены следующие величины: прямоугольные и географические координаты; расстояния и отметки точек; ориентирующие углы; уклоны и углы наклона местности; площади, расчет которых произведен аналитическим, графическим и механическими методами.

Техническую помощь в написании пособия оказал Е.И. Варзин, которому автор выражает свою благодарность.

Глава 1. СОДЕРЖАНИЕ КАРТЫ

§ 1. Общие положения о плане, карте, профиле

Планом называют уменьшенное изображение небольших участков земной поверхности в определенном масштабе. При составлении планов не учитывается кривизна земной поверхности, в связи с этим проектирование точек местности производится ортогонально на горизонтальную плоскость.

Картой называют уменьшенное изображение значительных территорий или всей Земли в определенном масштабе. При отображении значительных территорий необходимо учитывать кривизну земной поверхности. С этой целью выбирается определенная картографическая проекция: цилиндрическая (когда проектирование производится на поверхность цилиндра, а затем производится разворот в плоскость), коническая (производится проектирование на поверхность конуса), поликоническая, стереографическая (когда проектирование производится на другую сферическую поверхность с последующим разворотом).

Карты подразделяются на общегеографические и тематические. На общегеографических картах отображается земная поверхность с находящимися на ней объектами: растительным покровом, населенными пунктами, путями сообщения и средствами связи, водные пространства и так далее, а также рельеф. Тематические карты целенаправленно отображают объекты определенного назначения и подразделяются на физико-географические (рельефа земной поверхности, геологические, почвенные, гидрологические, растительности, зоогеографические) и карты общественных явлений (населения), экономические (сельского хозяйства, энергетические, транспорта, связи и т.д.). В соответствии с отображаемыми объектами выбирается картографическая проекция. По степени искажения картографические проекции можно подразделить на конформные (когда без искажений отображаются углы, при этом подобие сохраняется), равновеликие (когда без искажений отображаются площади, но подобие нарушается), равнопромежуточные (когда без искажений передаются расстояния, но подобие не сохраняется).

Профиль – вертикальный разрез местности по определенному направлению.

Между планом и картой имеются различия.

Масштаб в пределах плана постоянен, на карте он изменяется при переходе от точки к точке, а также по направлениям. Масштаб на карте соблюдается по одному из направлений – меридиану или параллели, и этот

масштаб называется главным, по другим направлениям и в других частях карты он отличается от главного и называется частным.

Карты создаются в масштабах 1:10000 – 1:100000 и мельче; планы в масштабах 1:500 – 1:5000, при этом для производства изысканий планы создаются в масштабах 1:500, 1:1000 и реже 1:2000.

Карты бывают крупномасштабные – 1:10000 – 1:100000, среднемасштабные – 1:200000 – 1:1000000, мелкомасштабные, масштаб которых мельче 1:100000.

На планах имеется километровая сетка (прямые взаимоперпендикулярные линии), на картах – картографическая сетка (в общем случае криволинейная).

Листы карты представляют собой трапеции, ограниченные с запада и востока меридианами, а с юга и севера – параллелями. Основными элементами карт и планов являются номенклатура, масштаб, условные знаки, рельеф.

§ 2. Номенклатура планов и карт

В нашей стране все топографические многолистные карты с масштабом 1:500000 и крупнее, создаются в поперечно-цилиндрической проекции Гуса – Крюгера. Наличие многолистности карт разных масштабов потребовало определенной системы учета отдельных листов для быстрого их нахождения. Система учета каждого из листов многолистной карты называется **номенклатурой**.

В основу номенклатуры положена карта масштабом 1:1 000 000. Каждый лист этой карты получается делением земной поверхности на пояса и колонны. Пояс охватывает 4° по широте и обозначается латинскими буквами, начиная от экватора. Колонна охватывает 6° по долготе и нумеруется арабскими цифрами. Нумерация начинается от меридиана с долготой 180° и ведется против хода часовой стрелки. Номенклатура листа карты масштабом 1:1 000 000 складывается из обозначения пояса и номера колонны (рис. 1). Например, Москва имеет номенклатуру N-37.

По международному соглашению номенклатура карты масштабом 1:1 000 000 одинакова для всех стран, в то время как дальнейшее деление на карты более крупного масштаба принимается каждой страной. Дальнейшее деление карт называется **разграфкой**. В нашей стране лист карты масштабом 1:1 000 000 является исходным для последующей разграфки карт более крупного масштаба (рис. 2).

Лист карты масштабом 1:500 000 получают делением карты масштабом 1:1000 000 на четыре части с обозначением каждого листа заглавными буквами русского алфавита, в соответствии с чем номенклатура этого листа будет, например, N-37-Б.

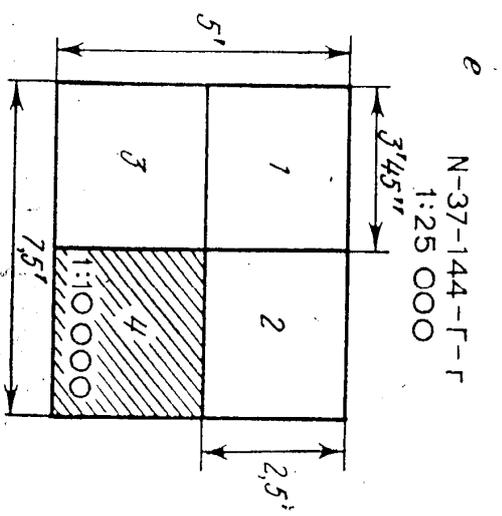
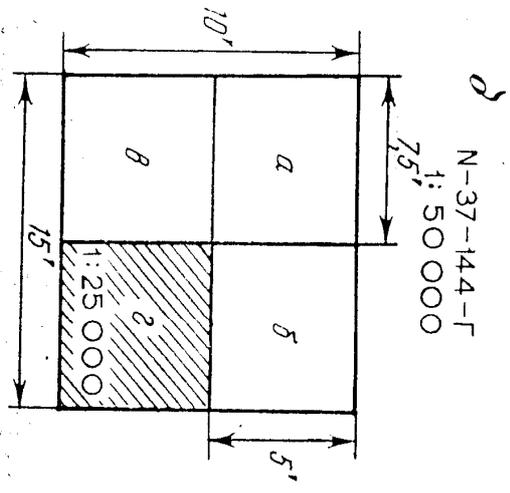
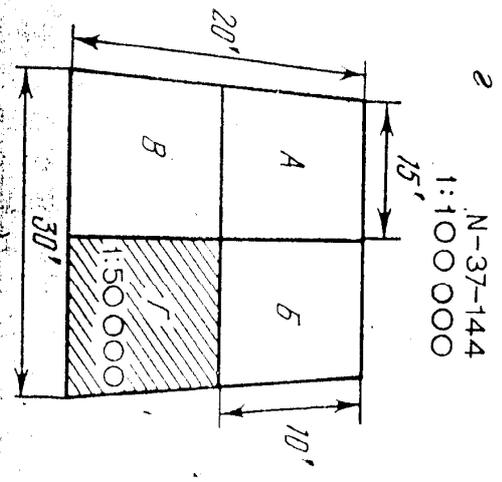
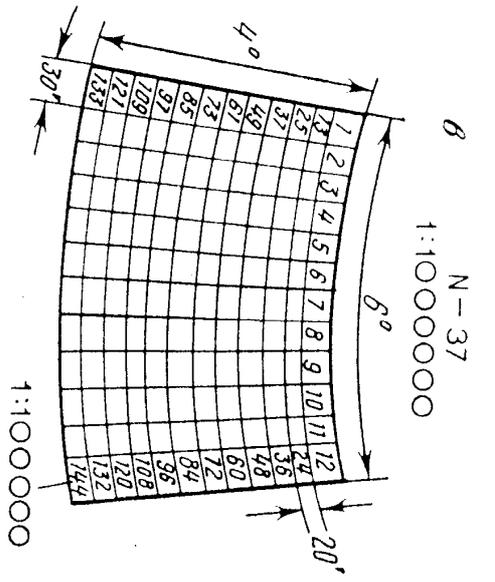
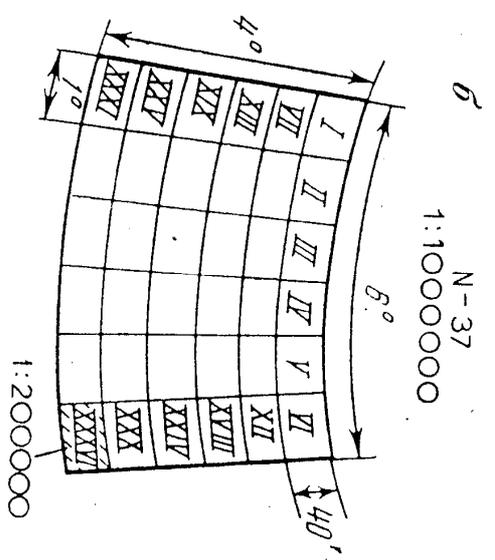
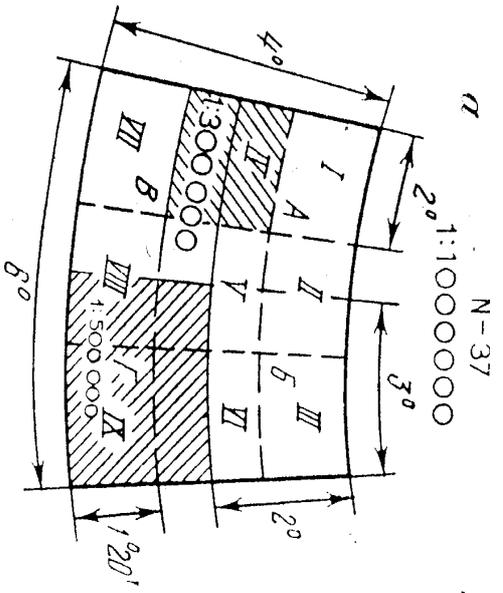


Рис. 1. Номенклатура карт: а-1:1000 000, 1:50 0000, 1:300 00; б-1:200 000; в-1:100 000; г-1:50 000; д-1:25 000; е-1:10 000

Один лист карты масштабом 1:1000 000 содержит 9 листов карты масштабом 1: 300 000, каждый из которых обозначается римскими цифрами I – IX, в соответствии с чем номенклатура одного из листов будет IX-37-N.

Делением миллионного листа на 36 частей получаем карту масштабом 1:200 000 с обозначением каждого листа римскими цифрами, при этом номенклатура запишется, например, N-37-XXXVI.

Делением карты масштабом 1:1 000 000 на 144 части получим карту масштабом 1:100 000. При этом каждый лист будет обозначен арабскими цифрами от 1 до 144, например N-37-144.

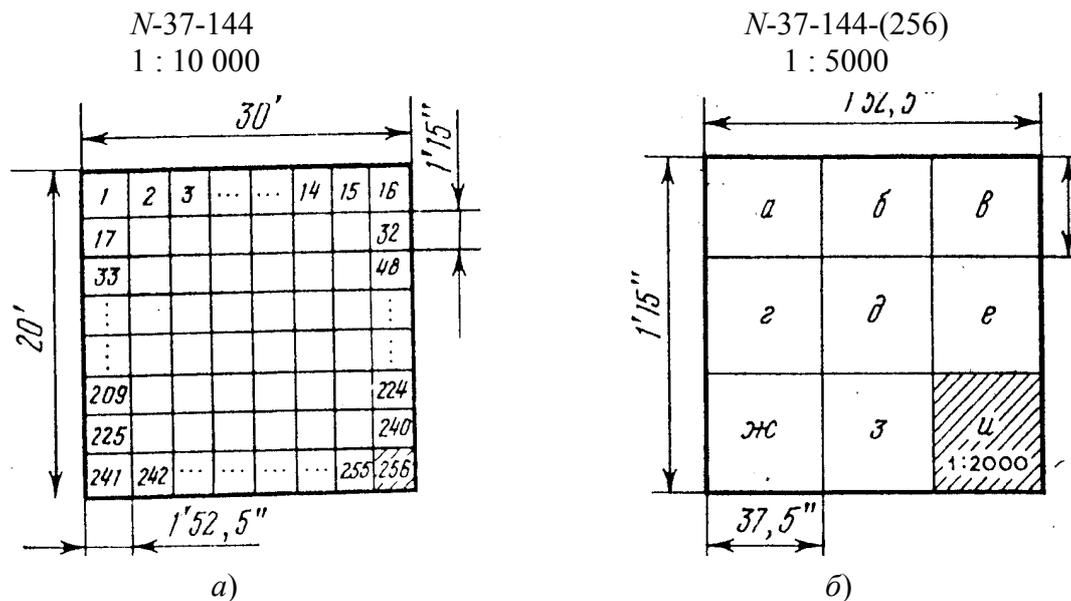


Рис. 2. Номенклатура листов планов масштабом:
а – 1 : 5000; б – 1 : 2000

В основу листов карт последующих масштабов положена карта масштабом 1:100 000, имеющая размеры 30' по долготе и 20' по широте. Делением каждого листа карты масштабом 1:100 000 на 4 части с обозначением их заглавными буквами русского алфавита получим карту масштабом 1:50 000 (N-37-144-Г). Последующим делением этой карты на 4 части с обозначением каждого из листов прописными буквами русского алфавита, получается карта масштабом 1:25 000 (N-37-144-Г-е). Делением этой карты на 4 части получают карту масштабом 1:10 000, с обозначением каждого из листов арабскими цифрами (N-37-144-Г-е-4).

Делением карты масштабом 1:100 000 на 256 частей (16 × 16), с обозначением каждого из листов арабскими цифрами от 1 до 256 получаем план масштабом 1:5000. Номенклатура каждого из листов запишется N-37-144-(256), при этом цифра, соответствующая этому масштабу заключается в скобки. Делением карты масштабом 1:5000 на 9 частей с обозначением каждого

листа строчными буквами русского алфавита получим план масштабом 1:2000, например N-37-155-(256)-(4). Буква, соответствующая масштабу 1:2000, также заключается в скобки.

При съемке небольших участков, площадью не более 20 км², допускается применение прямоугольной разграфки планшетов. В основу этой

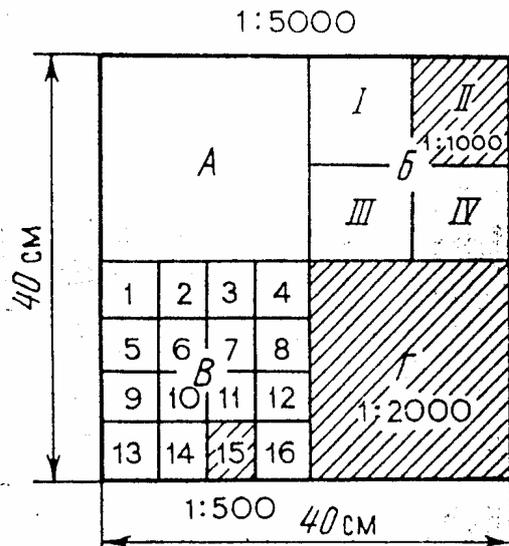


Рис. 3. Прямоугольная разграфка листа плана масштабом 1 : 5000

разграфки положен лист масштабом 1:5000 с размерами рамок 40 × 40 см, обозначаемый арабскими цифрами (рис. 3). Ему соответствуют 4 листа плана масштабом 1:2000 с обозначением каждого листа заглавными буквами русского алфавита. Планшету масштаба 1:2000 соответствует 4 листа масштабом 1:1000, с обозначением каждого из листов римскими цифрами (I, II, III, IV). Делением листа плана масштабом 1:2000 на 16 частей (4 × 4), получим план масштабом 1:500, обозначив каждый листа арабскими циф-

рами. В результате образуются планшеты масштабом 1:2000, 1:1000 и 1:500 размерами 50 × 50 см. Таким образом, номенклатура листа плана масштабом 1:2000 запишется 7-Г, номенклатура плана масштабом 1:1000 – 7-Г-IV, а номенклатура плана масштабом 1:500 – 7-Г-IV-16. Такое деление планов на прямоугольные (а не на трапецевидные) широко применяется при использовании местных систем координат.

§ 3. Масштабы

В процессе составления планов и карт горизонтальные проекции отрезков местности уменьшаются в определенное число раз.

Масштабом называют отношение отрезка на плане или карте к соответствующей ему горизонтальной проекции этого же отрезка на местности. Масштабы бывают численные и графические.

Численный масштаб – дробь, в числителе которой – единица, а в знаменателе число, показывающая степень уменьшения горизонтальных проекций, отрезков местности на плане или карте. Величина знаменателя масштаба определяет степень уменьшения: чем больше знаменатель масштаба, тем больше степень уменьшения.

В геодезии приняты стандартные масштабы:

для планов – 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000;

карт – 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000 и т.д.

Эти отношения показывают степень уменьшения отрезков местности и свидетельствуют о безразмерности величины, т.е. масштабом можно пользоваться при измерениях в любых линейных мерах. Например, для масштаба 1:1000 в 1 единице плана содержится 1000 таких же единиц местности.

Это значит, что 1 см плана соответствует 1000 см местности, т.е. 10 м. На плане или карте это поясняется и подписывается “в 1 см 10 м”.

На плане или карте с помощью масштабов приходится решать две задачи: 1) по измеренному отрезку на плане определить длину отрезка на местности; 2) по измеренной длине на местности отложить отрезок на плане. Это удобнее делать с помощью линейного и поперечного масштабов.

Линейный масштаб – графическое отображение численного масштаба. При построении линейного масштаба, имеющегося на картах, на прямой откладывают ряд отрезков одинаковой длины с выбранным *основанием масштаба*, обычно равным 2 см. Крайний левый отрезок делят на 10 равных частей. На правом конце этого отрезка подписывают 0, а на левом – число метров, соответствующее основанию масштаба. Вправо подписывают значения соответствующих расстояний на местности. Размерность ставится в правом конце линейного масштаба. Однако линейный масштаб не позволяет измерить расстояние с необходимой точностью. Физическая возможность глаза позволяют различать две рядом расположенные точки, когда угол, под которым они рассматриваются, равен 50'' – 60''. При меньшем угле они сливаются. Для расстояния наилучшего зрения, равного 25 см, углу в 60'' соответствует отрезок 0,1 мм, это диаметр укола длины циркуля-измерителя. Отрезок на местности, соответствующий 0,1 мм на плане, называют *предельной графической точностью* плана. Для плана масштабом 1:1000 его предельная графическая точность соответствует 10 см.

Практически длина отрезка на плане или карте оценивается с точностью $\pm 0,2$ мм. Горизонтальное расстояние на местности, соответствующее этой величине, называют **предельной графической точностью масштаба**.

Для повышения точности измерения на плане или карте используют *поперечный* (трансверсальный) масштаб (рис. 4), изобретение которого относят к 1300 г. Этот масштаб является усовершенствованным линейным масштабом.

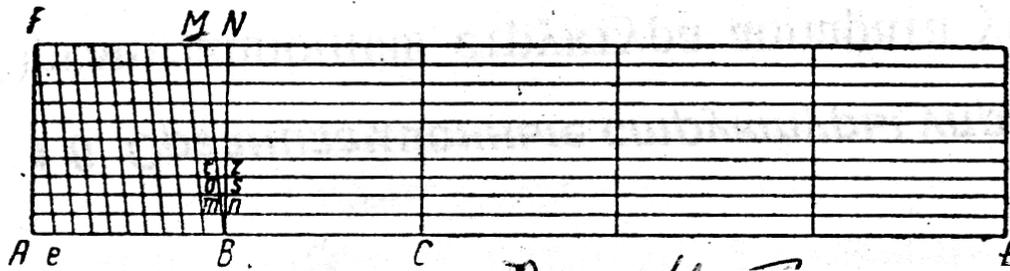


Рис. 4. Поперечный масштаб

При его построении на отрезке откладывается длина, соответствующая основанию масштаба, обычно равная 2 см. Параллельно этой линии проводят n отрезков через произвольное, но равное расстояние. На отрезках, соответствующих основанию масштаба, проводят вертикали. Левое основание внизу и вверху делят на m равных частей и первый верхний отрезок соединяют с нижним нулевым. Далее второй верхний отрезок соединяют с нижним первым, третий – со вторым и т.д., т.е. проводят трансверсаль.

Наименьший отрезок на поперечном масштабе характеризует точность t определяется с помощью выражения

$$t = \frac{a}{mn}, \quad (1)$$

где a – основание масштаба, см.

Выразив наименьший отрезок в масштабе плана или карты, определим точность поперечного масштаба в метрах. **Точностью поперечного масштаба** называют наименьший отрезок на местности, соответствующий наименьшему отрезку на поперечном масштабе. В соответствии с этим определением точность поперечного масштаба определяют с помощью выражения

$$t = \frac{aM}{mn \cdot 100},$$

где M – знаменатель масштаба; 100 – число, позволяющее перевести полученный результат в метры, так как основание масштаба выбрано в сантиметрах.

Если произведение $mn = 100$, такой поперечный масштаб называется *сотенным*. Для масштаба 1:1000 при сотенном масштабе точность будет соответствовать

$$\frac{2 \cdot 1000}{10 \cdot 10 \cdot 100} = 0,2 \text{ м.}$$

Так как с помощью поперечного масштаба приходится решать в большинстве случаев задачу откладывания отрезка на плане по измерениям его на местности, поперечным масштабом снабжаются иногда некоторые геодезические приборы – клирегели, геодезические транспортиры и т.д. В связи с этим поперечный масштаб, обычно сотенный, гравировается на металлических пластинах, а оцифровка его производится, как и оцифровка линейного масштаба. Отрезок, откладываемый на плане, складывается из трех частей: количество целых делений (на поперечном масштабе равных 2 см) плюс количество малых делений (на поперечном масштабе равных 2 мм) плюс сотые доли основания, соответствующие переходу с предыдущей горизонтальной линии на следующую (равные на поперечном масштабе 0,2 мм).

Например, если на поперечном масштабе откладываемая линия включает 2 целых деления, 2 малых деления и 2 деления по вертикали, для масштаба 1:1000 длина линии равна 44,4 м.

§ 4. Условные знаки планов и карт

На планах и картах изображаются с помощью условных знаков все объекты местности. Помимо точности при отображении объектов местности должна быть соблюдена наглядность отображаемых объектов. В связи с этим условные знаки, которых около 400, напоминают вид и характер отображаемого объекта, хотя имеет место элемент условности. Они обязательны для всех учреждений и организаций, издающих топографические карты и планы, и утверждаются Федеральной службой геодезии и картографии Российской Федерации. Их отдельно издают для планов и карт.

По размерам и характеру отображаемого объекта они могут быть подразделены на три группы.

Масштабные – условные знаки, отображающие крупные по величине объекты, которые могут быть изображены в масштабе (леса, пашни, крупные водоемы и т.д.) Эти условные знаки называют также площадными.

Внемасштабные – условные знаки, отображающие объекты, размеры которых не позволяют изобразить их в данном масштабе, но они являются ориентирами или имеют важное хозяйственное значение (колодцы, геодезические пункты, отдельно стоящее дерево и т.д.). Положение на карте такого условного знака обозначается определенной точкой, обычно в центре или вершине прямого угла, соответствующей положению объекта на местности.

Одни и те же объекты на крупномасштабных планах могут быть масштабными, а на картах более мелкого масштаба внемасштабными. Например, дорога шириной 10 м на плане масштабом 1:500 является масштабным знаком и отображается двумя линиями, так как ширина ее на плане 2 см, а на карте масштабом 1:50 000 ширина ее будет внемасштабна, так как ширина составит 0,2 мм, и эта дорога отображается прямой линией.

Промежуточные, или линейные, условные знаки отображают объекты местности, являющиеся в одном направлении масштабными, а в другом – внемасштабными (линии связи, линии электропередач, дороги, реки, и т.д.)

Условные знаки дополняют пояснениями и подписями. Для большей наглядности отдельные объекты местности окрашены определенным цветом: леса и сады – зеленым; шоссейные дороги – красным; улучшенные грунтовые дороги – оранжевым; рельеф – коричневым.

§ 5. Рельеф местности, его отображение на планах и картах

Рельеф местности – совокупность неровностей земной поверхности. В зависимости от характера местности он подразделяется на равнинный, всхолмленный и горный. На планах и картах он отображается числовыми отметками, отмывкой, горизонталями, их сочетанием. Отмывка наиболее наглядна, но не точна. Отображение рельефа числовыми отметками наиболее точно, но менее наглядно. Большею отобразением рельефа с помощью горизонталей.

Горизонталь – след, оставленный при пересечении горизонтальной плоскости, параллельной уровенной поверхности, с рельефом местности. Другими словами, горизонталь – геометрическое место точек с одинаковой высотой. Если пересечь какую-либо форму рельефа (рис. 5) параллельными горизонтальными плоскостями и образовавшиеся в сечении линии

спроектировать на горизонтальную плоскость, то получим ряд замкнутых кривых – горизонталей.

Расстояние между горизонталями по высоте называется **высотой сечения**. Для различных масштабов высота сечения различна и для планов выбирается равной 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 м. Расстояние между горизонталями в плане называют **заложением**.

Для облегчения чтения рельефа и большей наглядности на картах и планах направление ската показывают **берг-штрихами** (скат-штрихами), направление которых совпадает с направлением стока воды, а горизонтали подписывают, располагая цифры в разрывах горизонталей основанием по направлению ската. При этом каждую пятую горизонталь изображают утолщенной.

Когда рельеф не может быть отображен горизонталями, если угол падения ската превышает 45° , рельеф отображают специальными условными знаками. Подписывают горизонтали, отметки характерных точек местности.

В связи с развитием вычислительной техники, а также графопостроителей получило распространение изображение местности не в виде планов и карт на бумаге, а в виде математической модели, отображающей рельеф местности, дополняемой информацией о ситуации, геологически, геофизическими и разного рода специальными данными. В связи с этим появилась необходимость представления и хранения топографической информации о местности в цифровом виде, удобном для применения компьютера.

Математические модели бывают аналитические и цифровые. Аналитические модели отображают рельеф местности в виде функциональных зависимостей. Однако ввиду сложности форм рельефа этот метод в настоящее время не применяется. Большее распространение получили цифровые модели местности (ЦММ), представляющие собой поле точек, отображающих в соответствии с разработанной программой рельеф местности, ситуацию или другие данные.

По характеру расположения точек ЦММ бывают регулярные (рис. 6, а), структурные (рис. 6, б) и нерегулярные (рис. 6, в). Регулярные

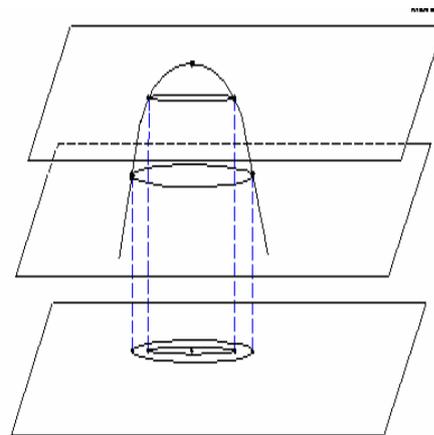


Рис. 5. Проектирование горизонталей

представляют собой точки, расположенные в соответствии с сеткой принятой формы – вершины квадратов, прямоугольников, треугольников (рис. 6).

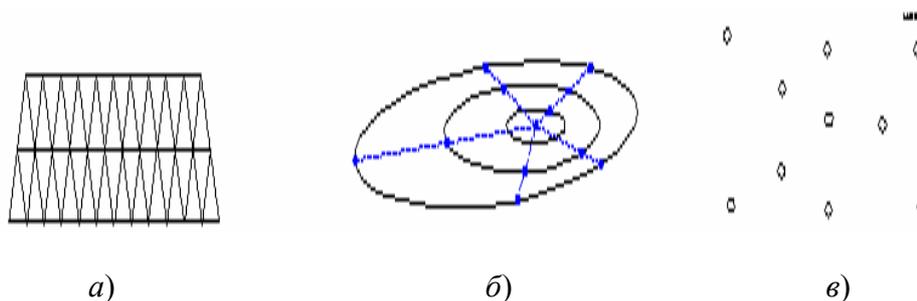


Рис. 6. Математические модели местности

Структурные представляют собой точки, расположенные на характерных местах местности – вершинах, подошвах, перегибах, скатах и так далее, нерегулярные – произвольно расположенное поле точек.

Хранение топографической и иной информации производится на дисках, и в любой момент карта или план местности могут быть восстановлены.

§ 6. Свойства горизонталей

Горизонталы при отображении рельефа обладают следующими свойствами:

1. Все точки, расположенные на одной и той же горизонтали, имеют одинаковую высоту.

2. Горизонталы не могут пересекаться и разветвляться. Редкое исключение представляют нависающие утесы и формы рельефа с отрицательными углами наклона (рис. 7).

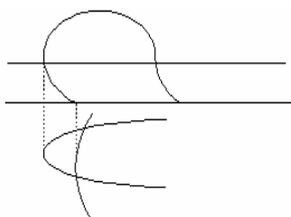


Рис. 7. Отображение отрицательных форм рельефа

3. Расстояния между горизонталями характеризуют крутизну ската. На равномерных склонах промежутки между горизонталями одинаковы. Чем скат круче, тем расстояние между горизонталями меньше и, наоборот, чем скат положе – тем разреженней.

4. Кратчайшее расстояние между горизонталями соответствует направлению ската наибольшей крутизны.

5. Для большей характеристики рельефа при отображении мелких его форм проводятся полугоризонталы кратные половине сечения рельефа, и четвертьгоризонталы – кратные четверти сечения. Их проводят пунктирными линиями.

6. Под искусственными сооружениями (строения, асфальтированные участки, дороги с твердым покрытием и т.д.) горизонталы не проводят.

7. Горизонталы вычерчивают сиеной жженой.

§ 7. Основные формы рельефа. Их отображения на планах и картах

К основным формам рельефа относятся равнина, гора, котловина, хребет, лощина, седловина.

Равнина – плоский или постепенно поднимающийся участок местности. Равнина обозначается редко расположенными друг от друга горизонталями (рис. 8, а). В зависимости от средней абсолютной отметки различают низменности (до 200 м) и плоскогорья (более 200 м).

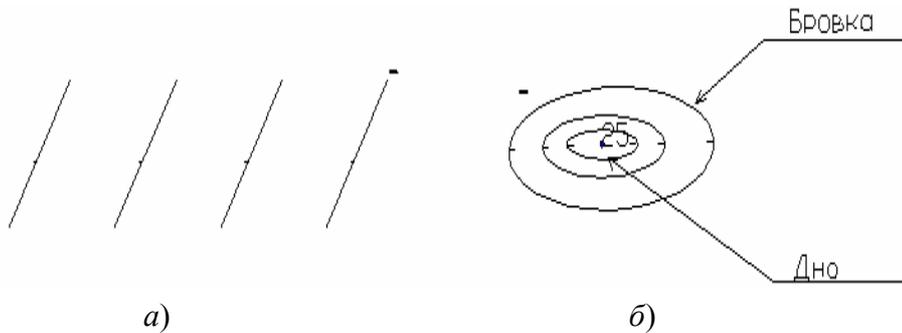


Рис. 8. Отображение горизонталями равнины и горы (холма)

Гора (холм) – кругообразное возвышение земной поверхности над окружающей местностью (рис. 8, б). Если высота над окружающей местностью до 200 м с пологими склонами – холм, а если свыше 200 м с крутыми склонами – *гора*.

Высшая точка горы называется **вершиной**. Переход горы в равнину называется **подошвой**. Эту форму рельефа на планах и картах отображают замкнутыми горизонталями с направлением берг-штрихов от вершин к подошве.

Котловина (впадина) – чашеобразное углубление земной поверхности (рис. 9, а). Нижняя точка котловины – ее дно. Переход котловины в равнину называется бровкой. Котловину на планах и картах отображают замкнутыми горизонталями с направлением берг-штрихов от бровки ко дну.

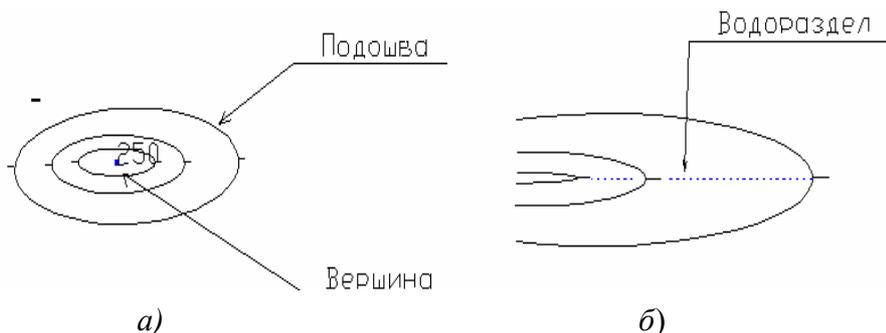


Рис. 9. Отображение горизонталями котловины и хребта

Хребет – вытянутый в одном направлении, постепенно повышающийся участок местности. Линия, соединяющая высшие точки хребта, на-

зывается линией водораздела. Он отображается выпуклыми в одном направлении горизонталями, направленными выпуклостью в сторону понижения местности (рис. 9, б).

Лощина – вытянутый в одном направлении, постепенно понижающийся участок местности. Линия, соединяющая низкие точки лощины называется линией водослива, или тальвегом. В зависимости от крутизны ската лощины выделяют следующие ее разновидности: долина – хорошо выложенная лощина с пологими скатами; овраг (в горной местности – ущелье) – узкая лощина с обрывистыми обнаженными скатами; каньон – узкая лощина с отвесными скатами. Лощины отображают вогнутыми горизонталями, направленными вогнутостями в сторону понижения местности (рис. 10, а).

Седловина – площадка, расположенная между двумя повышениями на одном хребте. От седловины берут начало в противоположном направлении два хребта, а перпендикулярно хребтам также в противоположных направлениях берут начало две лощины.

Седловину отображают горизонталями, обращенными выпуклостями друг к другу (рис. 10, б).

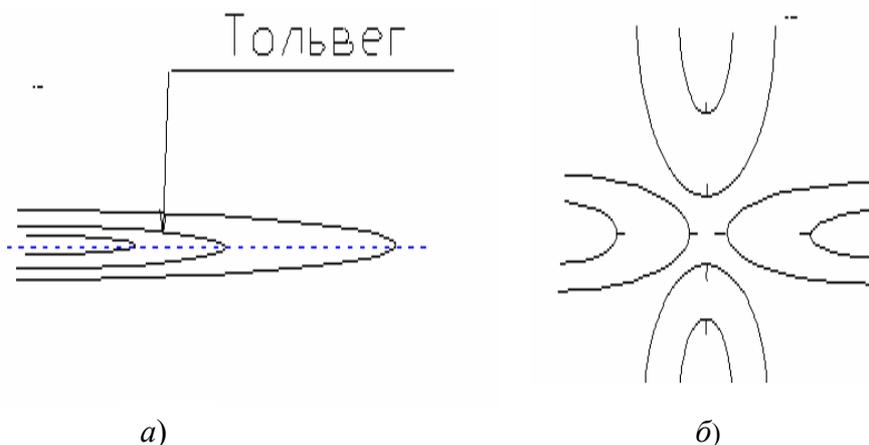


Рис. 10. Отображение горизонталями лощины и седловины

Вершина горы, дно котловины, низшая точка седловины, точки перегиба называются характерными точками рельефа, а линии водореза и водослива – характерными линиями рельефа.

Глава 2. РЕШЕНИЕ ПО КАРТЕ ИНЖЕНЕРНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Наряду с явной информацией о местности – объектах, расположенных на ней, и рельефа – на карте имеет место скрытая информация, которая может быть получена решением инженерно-геодезических задач: определением прямоугольных и географических координат, расстояний, отметки точки, ориентирующих углов, углов наклона и уклонов, проведением линии заданного уклона, определением площади водосбора, полей невидимостей и т.д. Для этой цели служат дополнительные построения на карте – градусная и километровая сетка, масштаб, график заложений, рельеф и т.д.

§ 1. Определение географических координат

Определение географических координат B и L любой точки в пределах карты производят с помощью градусной рамки, располагающейся на расстоянии 6 мм от меридианов и параллелей, ограничивающих площадь карты. Градусную рамку проводят в виде двойной линии, разделенной по широте и долготе на части, кратные $1'$. минутные интервалы выделяют черными и белыми точками, а каждый интервал точками разбивают на 10-секундные интервалы. Для определения координат на карте проводят ближайšie к данной точке южную параллель и западный меридиан.

Определяют высоту B_0 и долготу L_0 точки A_0 пересечения меридианы и параллели. Через заданную точку A проводят линии, параллельные ближайшему меридиану и параллели, и измеряют расстояния $AA_1=\Delta B$ и $AA_2=\Delta L$. Окончательно геодезические координаты определяются из выражения

$$B_A=B_0+\Delta B; \quad L_A=L_0+\Delta L.$$

§ 2. Определение прямоугольных координат

Определение прямоугольных координат производят с помощью координатной сетки. Стороны квадратов этой сетки обычно выражаются целым или кратным числом километров, поэтому ее называют километровой.

Линии километровой сетки, проведенные в направлении север – юг, параллельны осевому меридиану зоны, а линии, проведенные в направлении восток – запад, параллельны экватору. Подписи горизонтальных линий соответствуют расстоянию (в километрах) от экватора, а вертикальные слагаются из номера зоны, а последующие цифры – расстоянию от меридиана, вынесенного на 500 км влево.

Для определения прямоугольных координат (x, y) точки C (рис. 11), используя оцифровку километровой сетки, находят координаты (x_0, y_0) юго-западного угла, в котором находится данная точка. На стороны квадрата опускают перпендикуляры CC_1 и CC_2 и определяют расстояние $CC_1 = \Delta x$, $CC_2 = \Delta y$. Прямоугольные координаты точки C будут равны

$$x_C = x_0 + \Delta x; \quad y_C = y_0 + \Delta y.$$

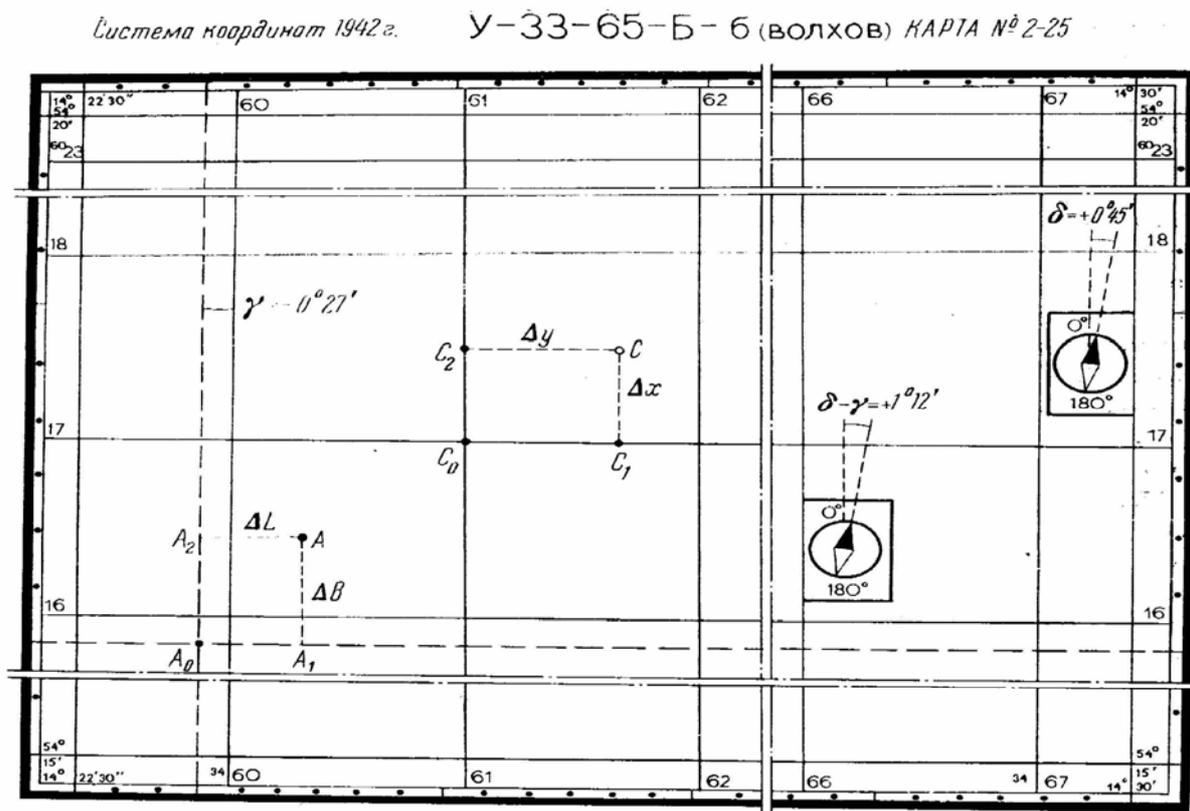


Рис. 11. Определение географических и прямоугольных координат

По известным координатам можно на карту нанести точку, и эта задача явится обратной относительно задачи определения прямоугольных или географических координат.

§ 3. Определение отметки точки

Отметка точки, расположенной на горизонтали, равна отметке этой горизонтали. Если точка находится между горизонталями, ее отметка определяется интерполированием. Пусть точка M (рис. 12) расположена между горизонталями, отметки которых 125 и 130. Через точку M проведем прямую AB и на плане измерим заложение d , равное AB и отрезок $e = AM$ (рис. 12, а). Как следует из вертикального разреза по линии AB , величина Δh является превышением точки M над младшей горизонталью. Составим пропорцию. В соответствии с этим находим $H_M = H_A + \Delta h$,

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{e}{d}, \text{ откуда } \Delta h = \frac{eh}{d},$$

где H – абсолютная отметка точки, h – превышение между горизонталью и точкой.

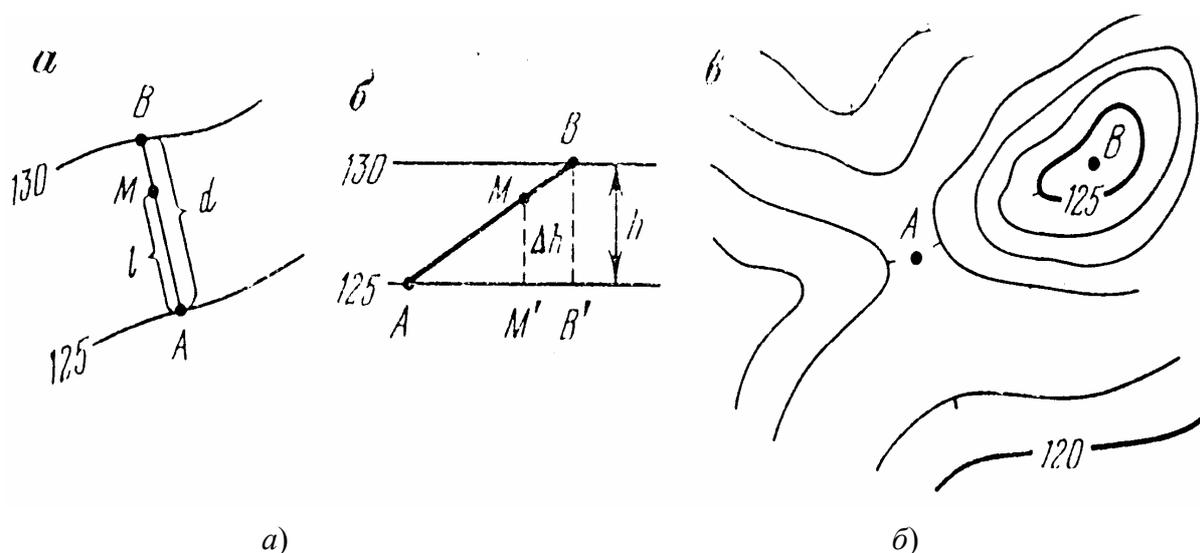


Рис. 12. Определение абсолютной отметки точки на карте

Если точка расположена между горизонталями с одинаковыми отметками либо внутри замкнутой горизонтали, отметку такой точки можно определить лишь приближенно (рис. 12, б). В этом случае считают, что отметка точки больше или меньше высоты этой горизонтали наполовину высоты сечения рельефа, т.е. $0,5 h$. В связи с этим отметки характерных точек рельефа (вершины холма, дна котловины и т.д.) выписывают на планах и картах по результатам измерений на местности.

§ 4. Определение уклонов и углов наклона местности

Уклоном называют тангенс угла наклона местности, представляющей собой отношение высоты сечения к заложению (рис. 13), т.е.

$$\operatorname{tgv} = i = \frac{h}{d}, \quad (2)$$

где v – угол наклона местности.

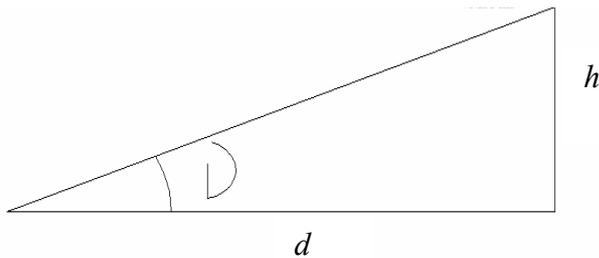


Рис. 13. Определение уклона местности

Уклоны определяются в единицах тангенса или промилле. Промилле – тысячная часть числа, или десятая часть процента.

Например, если высота сечения 5 м, а заложение 100 м, то $\operatorname{tgv} = \frac{5 \text{ м}}{100 \text{ м}} = 0,5$ еди-

ниц тангенса, или 50 ‰, ‰ – обозначение промилле.

Угол наклона между горизонталями может быть определен вычислением значения тангенса и последующей выборкой этого значения из таблиц.

Чтобы не прибегать к вычислениям угла наклона между соседними горизонталями для данной карты строится график заложений (рис. 14, а), так как высота сечения в пределах данного листа карты одинакова. Для его построения преобразуем формулу (2) в выражение

$$d = \frac{h}{\operatorname{tgv}}. \quad (3)$$

На горизонтальной линии отложим через равные промежутки значения углов наклона, равные 1, 2, 3, 4° и т.д. и восстановим перпендикуляры (рис. 14, б). Вычислим в соответствии с выражением (3) значения заложений и наложим их на перпендикулярах. Концы отложенных отрезков соединяют. При определении угла наклона циркулем берут заложение между

двумя горизонталями, затем на графике находят расстояние, соответствующее раствору циркуля между прямой и кривой.

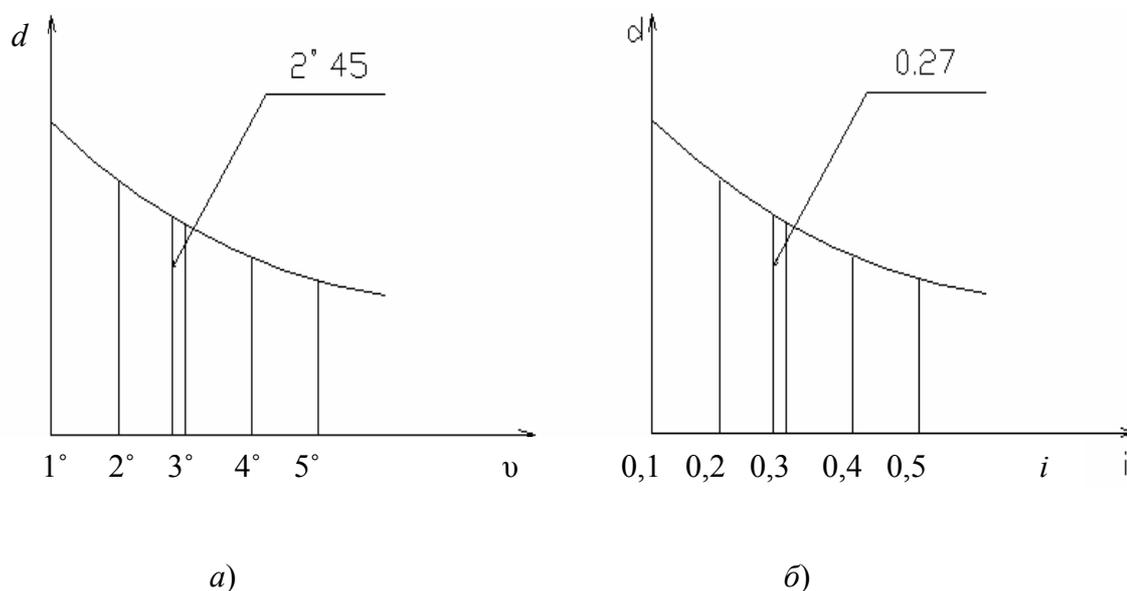


Рис. 14. Определение уклона и угла наклона

На рис. 14, а угол наклона соответствует $2^{\circ}45'$. Аналогичным образом можно построить график уклонов. Придавая значения уклонам 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 и т.д. вычисляем по формуле (4)

$$d = h/i \quad (4)$$

значения заложений, которые на графике откладываем в масштабе карты. Уклон для данного примера (см. рис. 14, б) соответствует $0,27 = 270\%$.

§ 5. Проведение по карте линии заданного уклона

По заданному направлению AB требуется провести кратчайшую линию так, чтобы один отрезок не имел уклона больше заданного. Воспользуемся графиком уклонов. Взяв раствором циркуля заложение, соответствующее указанному, последовательно засекают точки. При большем расстоянии между горизонталями, чем раствор циркуля, линию проводят по

кратчайшему расстоянию. Соединив все точки, получим линию с заданным уклоном (рис. 15).

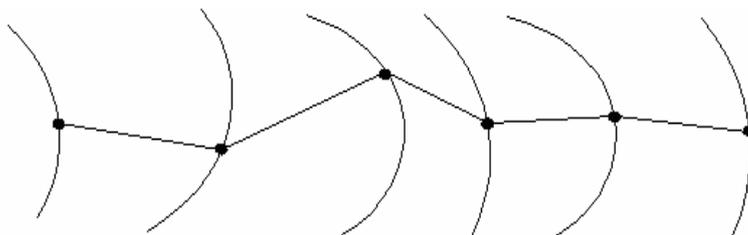


Рис. 15. Проведение линий заданного уклона

§ 6. Определение водосборной площади

Водосборной площадью, или бассейном, будем называть участок местности, с которого вода стекает в данный водоток (реку, лощину и т.д.). Границами водосборной площади служат линии водоразделов, пересекающие горизонтали под прямым углом (рис. 16).

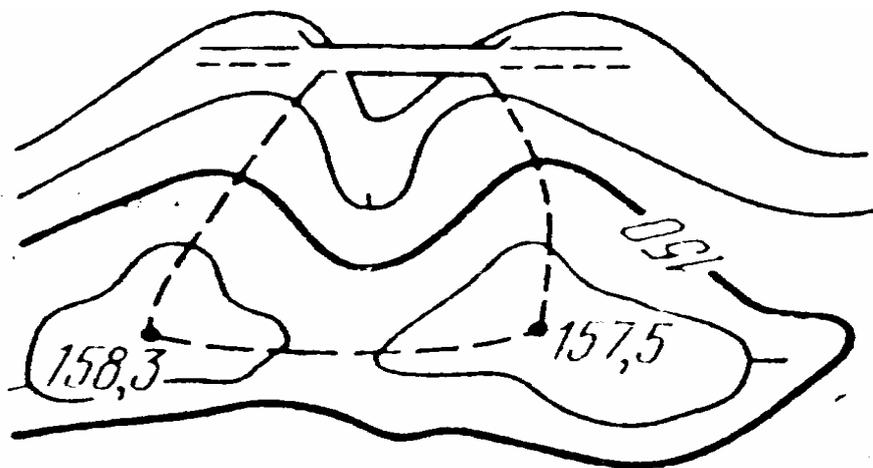


Рис. 16. Определение водосборной площади

Зная водосборную площадь, среднегодовое количество осадков, условия испарения и впитывание влаги почвой, можно подсчитать мощность водяного потока, которая необходима для подсчета для проектировании мостов, площадок дамб и других гидротехнических сооружений.

§ 7. Определение ориентирующих углов

По карте можно определить ориентирующие углы: истинный и магнитный азимуты, дирекционный угол, румб. Для определения направления BC (рис. 17), параллельно самому себе перемещаем ближайший (западный или восточный) меридиан, ограничивающий карту с запада и востока. Геодезическим транспортиром измеряем угол между истинным меридианом и данным направлением. Пользуясь диаграммой, имеющейся на зарамочном оформлении карт, вычисляем величину магнитного азимута A_M по выражению $A_M = A - \delta$, где δ – склонение магнитной стрелки.

Дирекционный угол α , или румб, может быть измерен геодезическим транспортиром между километровой сеткой и данным направлением, а также вычислен в соответствии с выражением, используя диаграмму на карте, по измеренному истинному азимуту:

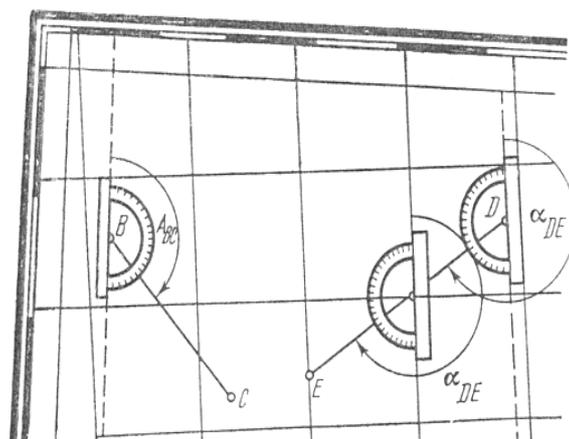


Рис. 17. Определение ориентирующих углов

$$\alpha = A - \gamma$$

где γ – сближение меридианов.

Дирекционный угол может быть также вычислен по известным координатам начальной и конечной точек данного направления. При этом координаты могут быть определены графически. Дирекционный угол вычисляется в соответствии с выражением

$$\alpha_{1-2} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}.$$

Практически ориентирующие углы обычно вычисляют по измеренному дирекционному углу. В соответствии с выражением

$$A = \alpha + \gamma,$$

$$A_M = \alpha - \delta + \gamma.$$

§ 8. Определение площадей по плану или карте

На картах и планах площади могут быть определены аналитически, графически или механически

Аналитический способ определения площади

Если имеются координаты точек поворота полигона, определенные по результатам непосредственных измерений или определенных графически, площадь этого полигона может быть найдена из вычислений. Возьмем четырехугольник, координаты вершин которого известны. Спроектируем точки на ось Y , в результате получим алгебраическую сумму трапеций, определяющих площадь четырехугольника (рис. 18).

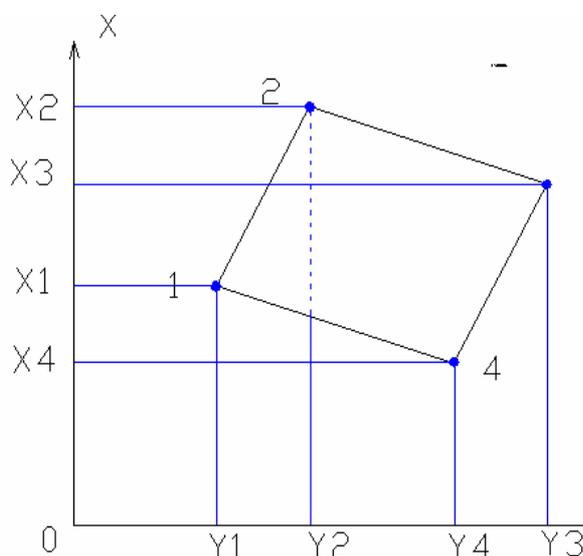


Рис. 18. Определение площади аналитическим методом

Площадь фигуры S находим по выражению

$$S = S_1 + S_2 - S_3 - S_4,$$

где S_1, S_2, S_3, S_4 – площади трапеций.

Найдем площадь каждой трапеции.

$$S_1 = 1/2(X_1 + X_2)(Y_2 - Y_1);$$

$$S_2 = 1/2(X_2 + X_3)(Y_3 - Y_2);$$

$$S_3 = 1/2(X_1 + X_4)(Y_2 - Y_1);$$

$$S_4 = 1/2(X_4 + X_3)(Y_3 - Y_4).$$

Проектирование можно произвести на ось X .

Производя перемножения и преобразования, получим

$$S = \frac{1}{2} \sum Y_i (X_i - 1 - X_i + 1),$$

$$S = 0,5 \sum Y_i (X_i - 1 - X_i + 1) = 0,5 \sum X_i (Y_i + 1 - Y_i - 1).$$

Для контроля вычисления производится по обеим формулам.

Если координаты точек определены из измерений на местности при точности теодолитного хода 1:2000, точность определения площади составит 1:1500, если же координаты углов поворота определены графически, точность определения площади составит порядка 1:75. Такой точности недостаточно при производстве кадастровых съемок, в связи с чем измерения выполняются на местности.

Графический способ определения площадей

В зависимости от конфигурации фигуры определяемой площади, определение ее производят или разбивкой на правильные геометрические фигуры или с помощью пометок.

Если фигура представляет собой многоугольник, его разбивают на простейшие геометрические фигуры-треугольники, прямоугольники трапеции.

Разбив контур участка (рис. 19), определяют элементы фигур, основания и высоту и вычисляют площадь каждой из них. Суммируя полученные площади фигур, получаем общую площадь многоугольника.

При криволинейном контуре участка его разбивка производится с таким расчетом, чтобы контуры фигур по возможности ближе совпадали с криволинейными частями.

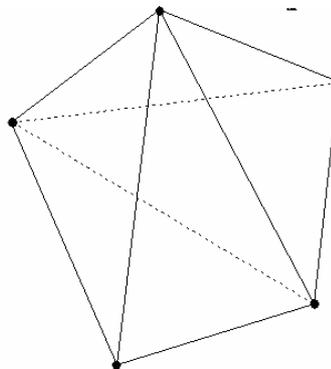


Рис. 19. Определение площади разбивной на фигуры

Затем также измеряют элементы этих фигур, вычисляют площадь каждой из них, а суммируя, получают площадь всего контура (рис. 20).

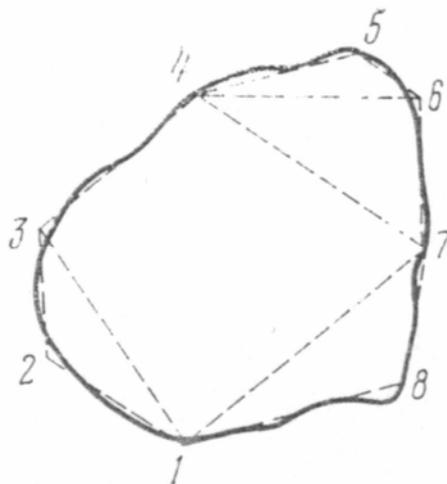


Рис. 20. Определение площади участка с криволинейным контуром

Определение площади участка с резко выраженными криволинейными границами производится с помощью *палетки*. Палетка строится на прозрачной основе (лавсана, целлулоида или кальки) в виде сетки квадратов со сторонами 0,5 – 1,0 см. вычисляется площадь каждого из квадратов.

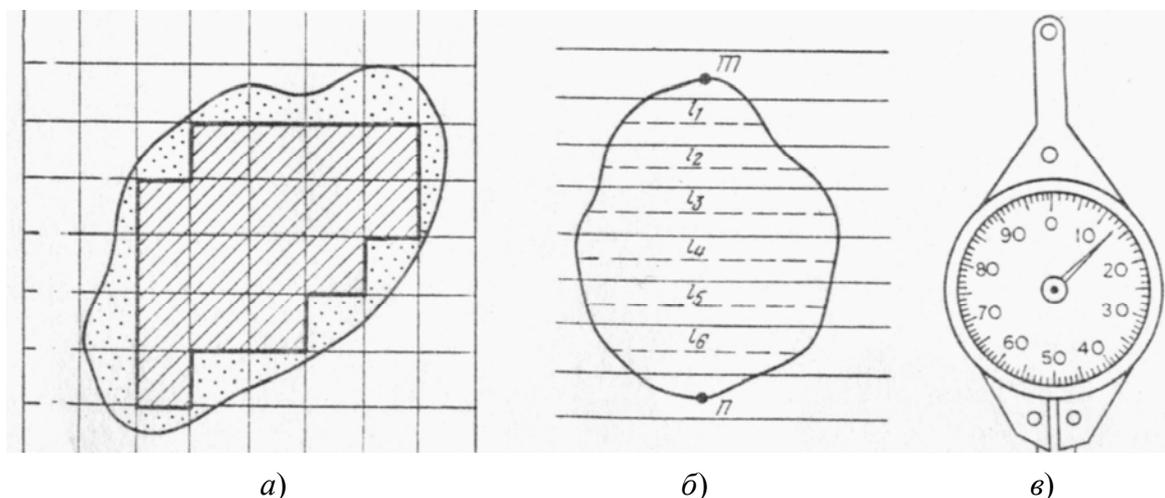


Рис. 21. Определение площади участка с помощью палетки

Для определения площади участка палетку накладывают на план и подсчитывают число целых квадратов N_1 . Затем оценивают на глаз число квадратов, составленных из неполных квадратов N_2 у границ участка. Об-

щую площадь подсчитывают как сумму всех квадратов (рис. 21, а). Для контроля палетку накладывают повторно и вновь определяют количество полных и неполных квадратов. Относительная ошибка определения площади составит 1:50 – 1:100.

Для определения площадей графическим методом можно также использовать параллельную палетку, представляющую собой лист прозрачной основы, на который через равные промежутки (2 – 5 мм) нанесены параллельные линии (рис. 21, б).

Палетку накладывают на заданный участок. В результате измеряемая площадь оказывается расчлененной на фигуры, по форме близкие к трапециям с равными высотами. При этом отрезки параллельных линий внутри контура являются средними линиями трапеций ($e_1, e_2, e_3 \dots e_n$) и их сумму следует умножить на расстояние с учетом масштаба плана, т.е.

$$S = a(e_1 + e_2 + \dots e_n) = a \sum e_i,$$

где i – количество трапеций.

Суммарная длина отрезков может быть замерена с помощью курвиметра – прибора для определения длин линий на плане (рис. 21, в). Для этого колесо курвиметра прокатывают по измеряемым линиям и по разности начального и конечного отсчетов на циферблате определяют суммарную длину отрезков. Для контроля эту же площадь измеряют при втором наложении палетки.

Механический способ определения площадей

Этот способ основан на использовании планиметра, который был предложен в 1854 г. Я. Амслером (Германия) и в 1856 г. А.Н. Зарубиным (Россия). Наибольшее распространение получил полярный планиметр (рис. 22). Он состоит из полюсного 1 и обводного 4 рычагов, соединенных шарнирно между собой. На одном конце полюсного рычага имеется игла – полюс планиметра 2, а на другом – штифт с шарообразной головкой, встав-

ляемой в гнездо 5, каретки 6 обводного рычага. На конце обводного рычага имеется ручка со шпилем 3 для обвода контуров.

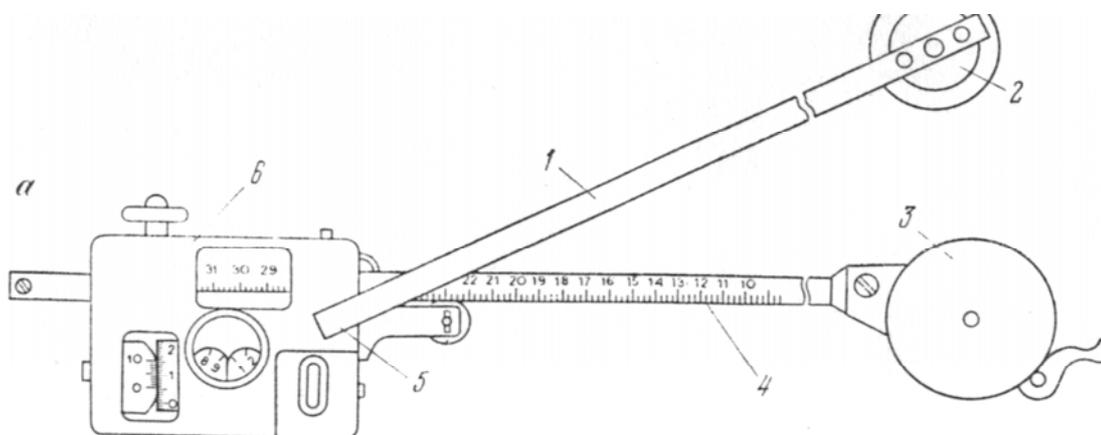


Рис. 22. Полярный планиметр

В зависимости от размера измеряемой площади полюс может находиться вне и внутри контура. При положении полюса вне контура площадь определяется согласно выражению

$$S = q (u_2 - u_1), \quad (5)$$

где S – площадь фигуры;

u_1, u_2 – отсчеты до и после обводки контура;

q – цена деления планиметра.

При положении полюса внутри контура площадь вычисляют по выражению

$$S = q (u_2 - u_1) + Q, \quad (6)$$

где Q – постоянная слагаемая планиметра.

При измерении обводной шпиль устанавливают над одной из точек контура и производят отсчет u_1 , затем контур обводят, и по возвращении в ту же точку производят второй отсчет u_2 . Площадь вычисляют в соответствии с положением полюса по формулам (5) или (6).

Перед началом работы необходимо определить цену деления и постоянную слагаемую. Цена деления определяется несколькими обводами

контура, площадь которого известна. На плане в качестве такой площади берется квадрат, ограниченный координатной, или километровой сеткой. Так как счётный механизм может перемещаться по рычагу, то его устанавливают таким образом, чтобы цена деления равнялась круглому значению. Установку производят в соответствии с выражением

$$R_0 = \frac{Rq_0}{q},$$

где R – величина радиуса, соответствующая цене деления планиметра q ;

q_0 – выбранная круглая цена деления планиметра.

Цена деления планиметра может определяться в абсолютных единицах, т.е. значению площади на местности в квадратных метрах или гектарах, и в относительных единицах, соответствующих площади плана, т.е. в квадратных миллиметрах.

Величина постоянной слагаемой определяется после определения цены деления планиметра как разность при обводке одного и того же контура с положением полюса внутри и вне контура.

Точность определения площади с помощью планиметра, как показывают опыты, равна 1:100 – 1:150. Эта точность зависит от многих причин: точности плана, формы фигуры, состояния прибора, деформации бумаги, точности определения цены деления и постоянной слагаемой.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называют планом и картой?
2. Отличие плана от карты.
3. Что называют профилем?
4. Что такое номенклатура планов и карт?
5. Что положено в основу номенклатуры планов и карт?
6. Что такое масштаб карты?
7. Чем отличаются масштабы численный, линейный и поперечный?
8. Точность поперечного масштаба.
9. Условные знаки планов и карт, их классификация.
10. Что такое рельеф и каковы способы его отображения на планах и картах?
11. Свойства горизонталей.
12. Определение по карте прямоугольных и географических координат.
13. Определение отметки точки по карте.
14. Определение по карте уклона и угла наклона местности.
15. Определение по карте ориентирующих углов.
16. Аналитический способ определения площадей.
17. Графический способ определения площадей.

Рекомендательный библиографический список

1. *Даниленко, Т. С.* Инженерная геодезия и аэрогеодезия : учеб. пособие / Т. С. Даниленко, В. С. Орбинский ; Владим. политехн. ин-т. – Владимир, 1987. – 96 с.
2. Инженерная геодезия / под. ред. Д. Ш. Михелева. – М. : Высш. шк., 2000. – 464 с.
3. *Лукьянов, В. Ф.* Лабораторный практикум инженерной геодезии / В. Ф. Лукьянов [и др.]. – М. : Недра, 1990. – 332 с.
4. Задачник по геодезии / сост. : В. Н. Радионов, В. Н. Волков. – М. : Недра, 1988. – 152 с.

Оглавление

Предисловие.....	3
Глава 1. СОДЕРЖАНИЕ КАРТЫ.....	4
§ 1. Общие положения о плане, карте, профили.....	4
§ 2. Номенклатура планов и карт.....	
§ 3. Масштабы.....	
§ 4. Условные знаки планов и карт.....	11
§ 5. Рельеф местности, его отображение на планах и картах...	12
§ 6. Свойства горизонталей.....	14
§ 7. Основные формы рельефа. Их отображение на планах и картах.....	15
Глава 2. РЕШЕНИЕ ПО КАРТЕ ИНЖЕНЕРНО- ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	17
§ 1. Определение географических координат.....	17
§ 2. Определение прямоугольных координат.....	17
§ 3. Определение отметки точки.....	18
§ 4. Определение уклонов и углов наклона местности.....	20
§ 5. Проведение по карте линии заданного уклона.....	21
§ 6. Определение водосборной площади.....	22
§ 7. Определение ориентирующих углов.....	23
§ 8. Определение площадей по плану или карте.....	24
Вопросы для самопроверки.....	30
Рекомендательный библиографический список.....	30

Учебное издание

ОРОБИНСКИЙ Владимир Степанович

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ
ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Редактор Р.С. Кузина
Корректор Е.В. Афанасьева
Компьютерная верстка С.В. Павлухина

ЛР № 020275. Подписано в печать 03.10.05.

Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 2,02. Тираж 150 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.