ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ 6
1.1. Понятие о фигуре и размерах Земли 6
1.2. Метод проекций 8
1.3. План и карта. Понятие о проекции Гаусса — Крюгера 11
1.4. Ориентирование линий.
Связь и взаимные преобразования ориентирных углов 12
1.5. Решение прямой и обратной геодезических задач 15
Глава 2. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ 16
2.1. Масштабы 16
2.2. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов 16
2.3. Условные знаки на планах и картах 18
2.4. Формы рельефа местности и его изображение 19
2.5. Решение задач по топографическим планам и картам 20
Глава 3. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ 21
3.1. Методы и виды измерений 21
3.2. Классификация погрешностей измерений.
Свойства случайных погрешностей измерений 22
3.3. Критерии точности результатов измерений 23
3.4. Среднеквадратические погрешности функций измеренных величин 23
3.5. Математическая обработка
результатов измерений одной величины 24
3.6. Понятие о неравноточных измерениях 25
Глава 4. ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА МЕСТНОСТИ 25
4.1. Мерные устройства 25
4.2. Измерение длин линий с помощью лент и рулеток 26
4.3. Оптические дальномеры.
Принцип измерения расстояний нитяным дальномером 27
4.4. Электромагнитные дальномеры.
Принцип измерения расстояний светодальномером 28
Глава 5. ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ НА МЕСТНОСТИ ЦИФРОВЫМ ТЕОДОЛИТОМ 30
5.1. Принцип измерения горизонтальных и вертикальных углов 30
5.2. Устройство цифрового теодолита GEOBOX.
Основные части 31
5.3. Поверки цифрового теодолита.
Основные оси теодолита и их расположение 33
5.4. Определение места нуля вертикального круга теодолита 36
5.5. Подготовка теодолита к измерению 36
5.6. Измерение 37
Глава 6. НИВЕЛИРОВАНИЕ 38
6.1. Назначение и виды нивелирования. Геометрическое нивелирование 38
6.2. Классификация и схема нивелиров. Нивелирные рейки 39
6.3. Производство геометрического нивелирования 41
6.4. Поверки нивелиров и реек 43
6.5. Тригонометрическое нивелирование 45
6.6. Гидростатическое нивелирование 46
Глава 7. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ 47
7.1. Государственная геодезическая сеть 48
7.2. Сети сгущения 50
7.3. Создание традиционных плановых геодезических сетей 50
7.4. Создание высотных геодезических сетей 51
7.5. Местные геодезические сети 52

7.6. Понятие о спутниковых методах создания геодезических сетей ... 53
7.7. Системы координат 1942, 1995 гг. (СК-42 и СК-95) и геодезическая система 2011 г. (ГСК-2011) ... 55
Глава 8. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ ... 56
8.1. Общие сведения о топографических съемках ... 56
8.2. Плановое обоснование топографических съемок ... 57
8.3. Высотное обоснование топографических съемок ... 58
8.4. Теодолитно-высотная съемка ... 58
8.5. Тахеометрическая съемка. Съемка ситуации и рельефа ... 59
8.6. Приборы, применяемые при тахеометрической съемке ... 60
8.7. Способы нивелирования поверхности как метода съемки ... 61
Глава 9. АЭРОФОТОТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ... 62
9.1. Технология создания карт и планов аэрофототопографическим методом ... 62
9.2. Основы теории снимка ... 64
9.3. Определения координат точек местности по аэрофотоснимку ... 66
9.4. Координаты и параллаксы точек стереопары ... 67
9.5. Зависимость между координатами точки объекта и координатами ее изображений на аэрофотоснимках ... 68
9.6. Фототриангуляция ... 70
Глава 10. НАЗЕМНАЯ СТЕРЕОТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ... 72
10.1. Особенности наземной стереотопографической съемки ... 72
10.2. Элементы ориентирования наземных снимков ... 73
10.3. Точность наземной стереофотограмметрической съемки ... 74
10.4. Расчет оптимальных параметров фотограмметрической съемки ... 76
10.5. Полевые и камеральные работы при наземной стереофотограмметрической съемке ... 76
Глава 11. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ И ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ... 78
11.1. Планировка и проектирование городской территории ... 78
11.2. Составление проекта красных линий ... 79
Глава 12. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ... 79
12.1. Сущность вертикальной планировки ... 79
12.2. Рельеф и способы его оценки ... 80
12.3. Вертикальная планировка территорий ... 81
Глава 13. АРХИТЕКТУРНАЯ ФОТОГРАММЕТРИЯ ... 84
13.1. Введение в архитектурную фотограмметрию ... 84
13.2. Формы представления информации об объектах, получаемой по фотоснимкам ... 84
13.3. Способы фотограмметрических определений ... 85
13.4. Цифровые фотограмметрические системы ... 86
13.5. Планово-высотное обоснование для выполнения архитектурных обмеров ... 90
13.6. Методы архитектурных обмеров ... 90
13.7. Применение фотограмметрии при реставрации памятников архитектуры ... 94
13.8. Фотограмметрические методы определения деформаций ... 95
Глава 14. КОМПЛЕКСНЫЙ УЧЕТ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ ... 97
Глава 15. ЗЕМЕЛЬНЫЙ КАДАСТР ... 99
15.1. Общее понятие о земельном кадастре ... 99
15.2. Фотограмметрические способы определения земельно-кадастровой информации ... 100
15.3. Состав полевых и камеральных работ для ведения земельного кадастра ... 101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 102
Библиографический список ... 103

ВВЕДЕНИЕ

Геодезия — наука о методах определения фигуры и размеров Земли и изображениях ее поверхности на картах и планах, а также о способах проведения специальных измерений и их вычислительной обработки, необходимых для решения разнообразных задач. Слово «геодезия» в переводе с греческого языка означает «землеразделение», что свидетельствует о необходимости появления геодезических работ в связи с делением земных массивов на части. Еще за несколько тысячелетий до нашей эры народы Египта, Греции и других стран вели геодезические работы в целях строительства и разделения земель, что доказано археологическими раскопками на территориях этих стран.

Геодезия на Руси также возникла с необходимостью делить земельные участки на части и определять их площади. Первые геодезические измерения на Руси были выполнены в XI в.: по льду была измерена ширина Керченского пролива. Первой русской картой является карта Московского государства «Большой чертеж», составленная в 1598 г.

Современная геодезия — это многогранная наука. Вследствие многочисленных задач, которые призвана решать геодезия, она в настоящее время делится на ряд научных дисциплин, каждая из которых занимается решением определенных задач. Так, *высшая геодезия* занимается изучением вида и размеров Земли, ее гравитационного поля, а также определением геодезических координат отдельных точек земной поверхности. *Топография* изучает методы съемки для изображения сравнительно небольших участков земной поверхности на планах и картах. *Инженерная геодезия* рассматривает геодезические работы, выполняемые при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных сооружений. *Картография* разрабатывает методы составления карт и планов. *Космическая геодезия* решает геодезические задачи с помощью искусственных спутников Земли.

Фотограмметрия — научно-техническая дисциплина, занимающаяся определением геометрических характеристик объектов (форма, размеры, определение положения в пространстве и т.д.) по их изображениям. Фотограмметрия с греческого дословно переводится как «измерение по светозаписи». Наибольшее применение фотограмметрия находит в области картографии для создания карт различного назначения. Очень широко фотограмметрические методы используются для решения различных задач в архитектуре и строительстве, промышленности, криминалистике и других областях человеческой деятельности, что обусловлено высокой точностью и производительностью фотограмметрических методов.

Фотограмметрия как наука появилась в середине XIX столетия вскоре после изобретения фотографии. В истории развития фотограмметрии выделяют три основных периода: аналоговая, аналитическая, цифровая фотограмметрия. Аналоговая фотограмметрия берет свое начало в 1901 г. с изобретения стереокомпаратора, позволяющего измерять координаты точек снимков, составляющих стереопару. С появлением ЭВМ (примерно в 1950 г.) стали развиваться аналитические методы фотограмметрической обработки снимков. Цифровая фотограмметрия возникла с появлением цифровых изображений. В начале 90-х годов прошлого столетия появились цифровые фотограмметрические системы (ЦФС), позволяющие решать все фотограмметрические задачи на компьютере.

В своем развитии геодезия и фотограмметрия опираются на достижения таких научных дисциплин, как математика, физика, астрономия, электроника, механика, фотография и др.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Понятие о фигуре и размерах Земли

При решении различных задач требуется знать форму и размеры Земли.

Земля имеет сложную фигуру. Сложность этой фигуры обусловлена наличием материков (29 % поверхности Земли) и Мирового океана (71 %), а также неравномерным распределением масс в теле Земли. В связи с этим ее невозможно выразить какой-либо математической формулой. Поэтому в геодезии введено понятие уровенной поверхности.

Уровенная поверхность в каждой точке пересекает направление отвесной линии (направление силы тяжести) под прямым углом. Направление отвесной линии в каждой точке зависит от распределения масс в теле Земли. Следовательно, уровенную поверхность мысленно можно провести через любую точку на физической поверхности земли, под землей и над землей.

Поскольку большую часть поверхности Земли занимают моря и океаны, то за форму Земли можно принять уровенную поверхность, совпадающую с поверхностью воды Мирового океана, мысленно продолженную под материками. Фигура Земли, образованная уровенной поверхностью, получила название **геоид** (рис. 1.1).

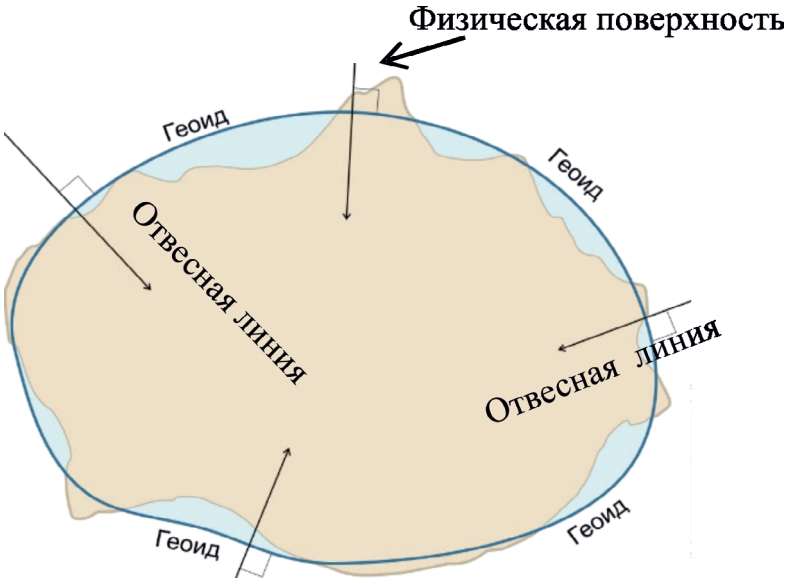

Рис. 1.1. Геоид

Но и поверхность геоида вследствие неравномерного размещения масс в теле Земли сложная и не может быть выражена какой-либо математической формулой. Поэтому ее заменяют другой, более простой поверхностью.

Исследованиями установлено, что фигура геоида наиболее близка к поверхности эллипсоида вращения, т.е. тела, получающегося от вращения эллипса вокруг его малой (полярной) оси (рис. 1.2).

Размеры эллипсоида характеризуются длинами большой a и малой b полуосей и сжатием α.

Чтобы земной эллипсоид ближе подходил к геоиду, его необходимо соответственно расположить в теле Земли, т.е. сориентировать. Такой эллипсоид называется референц-эллипсоидом.

В нашей стране приняты размеры референц-эллипсоида Красовского: a = 6 378 245 м, b = 6 356 863 м, α = 1:298,3 (рис. 1.3).

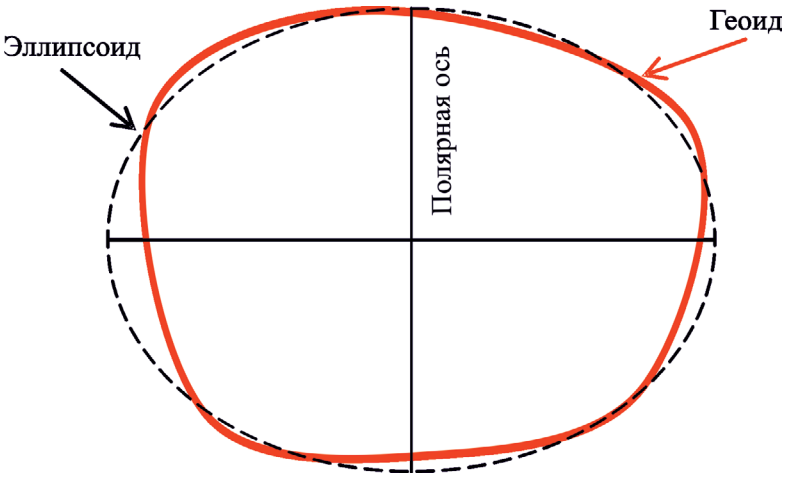

Рис. 1.2. Эллипсоид вращения

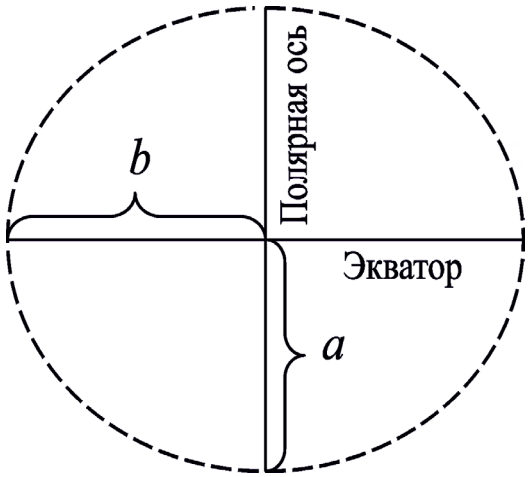

Рис. 1.3. Элементы земного эллипсоида

1.2. Метод проекций

Системы координат и высот, применяемые в геодезии

На местности точки, линии, углы и контуры располагаются на неровностях земной поверхности. При изучении физической земной поверхности все ее точки предварительно проектируют на принятую уровенную поверхность по линиям, перпендикулярным к этой поверхности. Такое проектирование называют ортогональным. Каждой точке на физической поверхности соответствует точка на уровенной поверхности.

Пусть требуется узнать форму и размер многоугольника *ABCD*, расположенного на местности (рис. 1.4). Взаимное положение точек *A*, *B*, *C*, *D* на местности определяют измерением расстояний *AB*, *BC*, *CD*, *DA*, которые затем проектируют по отвесным линиям на горизонтальную плоскость. Точки *a*, *b*, *c*, *d* являются ортогональными проекциями соответствующих точек *A*, *B*, *C*, *D* местности. Многоугольник *abcd* является ортогональной проекцией многоугольника *ABCD* местности.

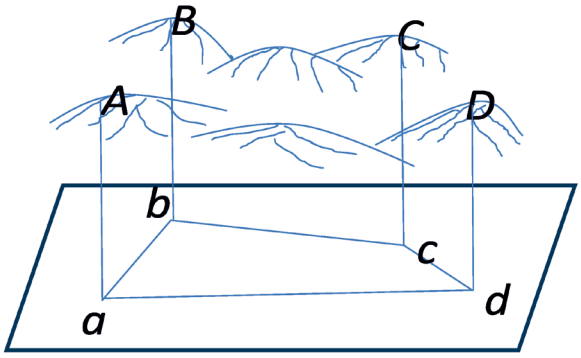

Рис. 1.4. Горизонтальная проекция местности

Координатами называют линейные и угловые величины, определяющие положение точек на какой-либо поверхности или в пространстве. Линии и плоскости, относительно которых определяется положение точек, называются соответственно осями координат и координатными плоскостями.

В геодезии применяются географические, плоские прямоугольные и полярные координаты.

Географическая система координат

Для определения положения точек на сферической поверхности Земли используют координаты: географическую широту и долготу.

Географической широтой φ точки *A* называют угол, заключенный между отвесной линией, проходящей через эту точку и плоскость экватора (рис. 1.5)

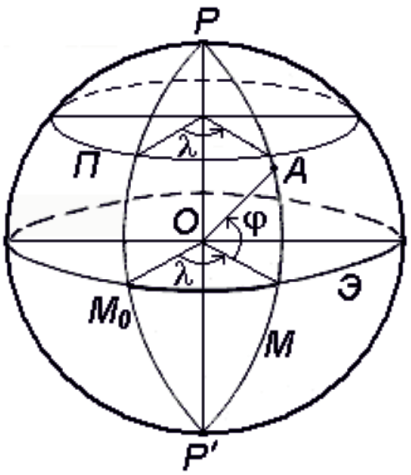

Рис. 1.5. Географические (астрономические) координаты

Географической долготой λ точки *A* называют двугранный угол, заключенный между плоскостью меридиана, проходящего через эту точку, и плоскостью начального меридиана.

Широты бывают северные и южные, изменяются от 0° на экваторе до 90° на земных полюсах. Счет долгот идет в направлении с запада на восток от 0° до 360°. Линия, проходящая через точки с одинаковыми широтами, называется параллелью, а с одинаковыми долготами — меридианами.

Прямоугольная система координат

Положение точки на плоскости определяется относительно осей прямоугольных координат: оси абсцисс x и оси ординат y (рис. 1.6). При этом, в отличие от математики, наименование координатных осей в геодезии изменено. Нумерация четвертей и счет углов ведутся по часовой стрелке от северного направления оси x. Знаки координат зависят от четверти, в которой находится точка.

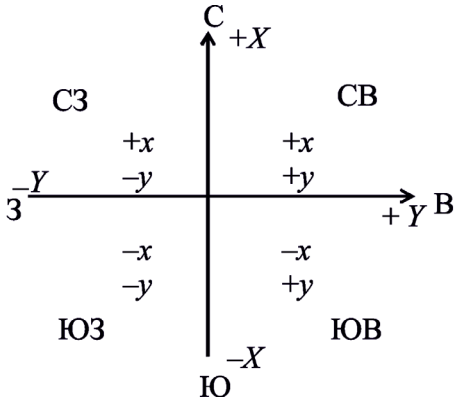

Рис. 1.6. Прямоугольная система координат

Система плоских прямоугольных координат Гаусса — Крюгера

Данная система используется при крупномасштабном изображении значительных частей земной поверхности на плоскости, следовательно, и при решении большинства задач, связанных с проектированием строительных комплексов. Решение геодезических задач в этой системе выполняется по простым формулам аналитической геометрии, для чего необходимо предварительно элементы поверхности эллипсоида тем или иным способом перенести на плоскость. Такой перенос (проектирование) будет сопровождаться неизбежными искажениями; их величина и характер будут зависеть от вида выбранной проекции. Для целей крупномасштабного картографирования и инженерной геодезии наиболее удобны проекции, обеспечивающие сохранение подобного изображения фигур при переходе с эллипсоида на плоскость. Возникающие при этом искажения достаточно малы и легко учитываются. Этим требованиям отвечает поперечно-цилиндрическая равноугольная проекция Гаусса — Крюгера.

Поверхность земного шара разбивают меридианами на зоны шириной 3 или 6° по долготе. Земной шар вписывают в цилиндр так, чтобы плоскость экватора совместилась с осью цилиндра. Каждая зона из центра Земли проектируется на боковую поверхность цилиндра. После проектирования боковую поверхность цилиндра разворачивают в плоскость, разрезав ее по образующим, проходящим через полюса.

Выбор размера зоны зависит от масштаба выполняемых в данном районе съемок. Так, при составлении карт в масштабах 1:10 000 и мельче применяют шестиградусные зоны, для масштаба 1:5000 и крупнее — трехградусные. Зоны нумеруются арабскими цифрами с запада на восток от меридиана с долготой 0°, т.е. от Гринвичского меридиана. Всего 60 зон (рис. 1.7)

В каждой зоне задается своя система прямоугольных координат, в которой за ось абсцисс принимается изображение осевого меридиана, а за ось ординат — изображение экватора. За начало отсчета в каждой зоне принимают точку пересечения осевого меридиана и экватора. Для решения задач на плоскости на картах проводят прямоугольную координатную сетку, состоящую из прямых линий, параллельных осевому меридиану и экватору (рис. 1.8).

Таким образом, координатами какой-либо точки зоны являются ее расстояние от экватора (X) и от осевого меридиана (Y).

Абсциссы, отсчитываемые от экватору к Северному полюсу, считаются положительными, к Южному — отрицательными; значения ординат от осевого меридиана на восток — положительны, на запад — отрицательны. Точка A_1 будет иметь координаты: X_A; Y_A.

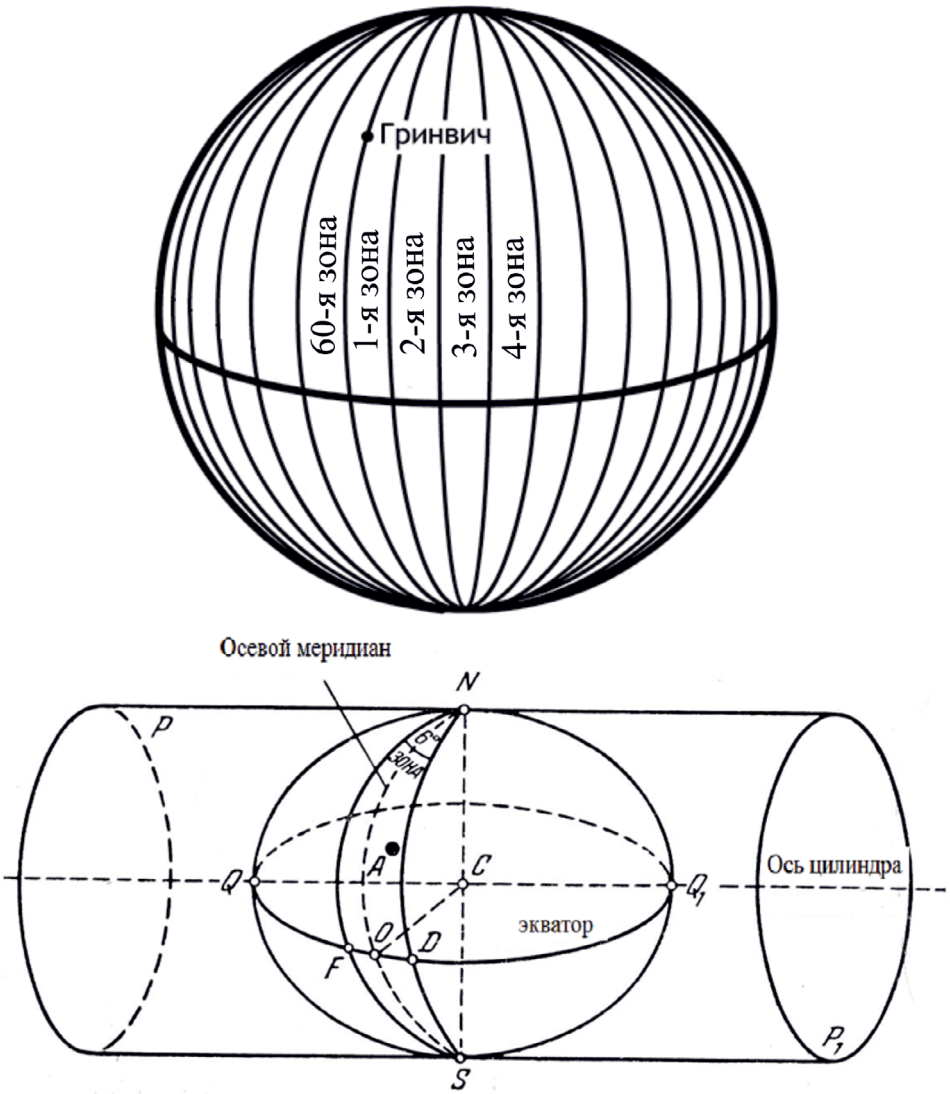

Рис. 1.7. Зональная система координат Гаусса — Крюгера

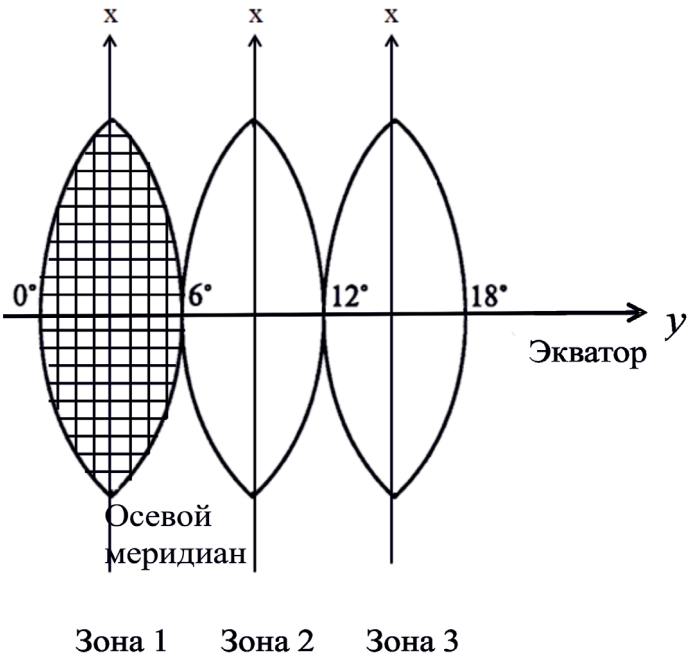

Рис. 1.8. Изображение зон на плоскости

Так как территория России расположена к северу от экватора, поэтому абсциссы точек местности в рассматриваемой системе координат всегда положительны. Для того чтобы и ординаты были только положительными, ординату осевого меридиана принимают не за ноль, а за 500 км, т.е. начало координат в каждой зоне перемещают на запад на 500 км (рис. 1.9).

Впереди измененной ординаты пишут номер зоны, в которой находится данная точка. Такие ординаты называются преобразованными.

Например, если точка расположена в зоне 4 на расстоянии 188 000 м к западу от осевого меридиана, то ее преобразованная ордината будет равна (500 000 – 188 000) = 4 312 000 м. Если точка удалена на 85 000 м к востоку от того же осевого меридиана, то преобразованная ордината этой точки будет равна (500 000 + 85 000) = 4 585 000 м.

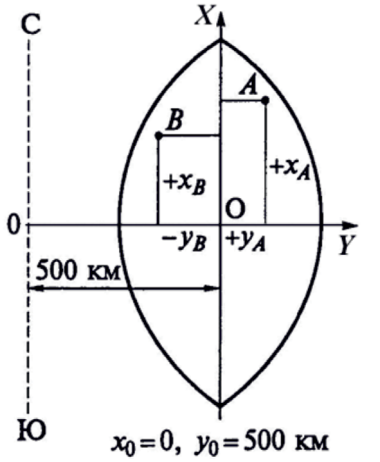

Рис. 1.9. Преобразование ординат

Полярная система координат

В полярной системе координат (рис. 1.10) положение любой точки *A* на плоскости определяется радиус-вектором *r*, исходящим из точки *O*, называемой полюсом, и углом β, отсчитываемым по ходу часовой стрелки от линии *OX* (полярной оси) до радиус-вектора.

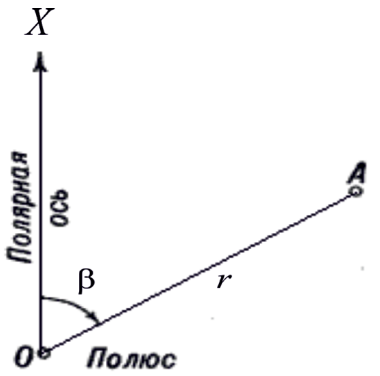

Рис. 1.10. Полярная система координат

Система высот

Для определения положения точек на физической поверхности Земли недостаточно знать только две их плановые координаты *X* и *Y*. Необходима третья координата, характеризующая отстояние точки земной поверхности от условной поверхности, или уровенной.

Расстояние от точки на земной поверхности по отвесной линии до уровенной поверхности называется *высотой*.

Если в качестве отсчетной уровенной поверхности принимается поверхность геоида (т.е. основная уровенная поверхность, совпадающая с поверхностью Мирового океана), то такую высоту называют *абсолютной*.

Если же в качестве отсчетной для высот берется какая-то другая, отличная от геоида уровенная поверхность, то такую высоту принято называть **условной** (рис. 1.11).

Условные высоты могут использоваться при изучении небольших участков земной поверхности, а также при проектировании, строительстве и обустройстве отдельных объектов недвижимости, когда положение этих участков и объектов относительно уровня моря не играет никакой роли.

При изучении значительных участков земной поверхности пользуются абсолютными высотами.

В России за начало счета абсолютных высот принята уровенная поверхность, совпадающая со средним уровнем Балтийского моря. В связи с этим принятую систему высот называют Балтийской.

В гражданском и промышленном строительстве при проектировании и возведении зданий и сооружений применяют условную систему высот. При этом за отсчетную поверхность принимают поверхность, совпадающую с полом первого этажа жилого дома или полом цеха.

Числовое значение высот точек называют отметкой. Разность отметок двух точек называется превышением.

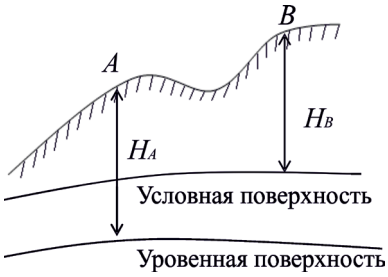

Рис. 1.11. Абсолютные и условные высоты: H_A — абсолютная высота; H_B — условная высота

1.3. План и карта. Понятие о проекции Гаусса — Крюгера

Топографические материалы, являющиеся уменьшенным спроецированным изображением земной поверхности на плоскость, подразделяют на карты и планы. Для построения плана или карты точки и линии на местности проецируют перпендикулярами на горизонтальную плоскость и полу-

ченное горизонтальное проложение уменьшают в определенное число раз. Топографическим планом называется уменьшенное и подобное изображение на плоскости участка земной поверхности, на котором изображаются ситуация и рельеф местности. Ситуацией называют совокупность предметов местности (дома, дороги, реки и т.д.). Рельефом называют совокупность неровностей земной поверхности (горы, овраги и т.д.). План местности, составленный без изображения рельефа, называют ситуационным (контурным). Подобное изображение получают при ортогональном проецировании участков земной поверхности размером, не превышающим 20×20 км^2 (считается, что данную площадь земной поверхности можно изобразить на плане практически без искажений, т.е. без учета кривизны Земли), на горизонтальную плоскость. Следует отметить, что если кривизна Земли практические не сказывается на длине линии, то для превышений между точками это неверно. Так, на расстоянии 100 м при геометрическом нивелировании ошибка, вызванная пренебрежением кривизной Земли, составит 0,8 мм, а на расстоянии 500 метров — уже почти 21 мм. Приближенно подсчитать ошибку можно по формуле $k = d^2/2R$.

Изображение больших по размерам участков земной поверхности нельзя получить без учета кривизны земли, т.е. с сохранением подобия.

Такие участки ортогонально проецируют на поверхность эллипсоида и переносят на плоскость по определенным математическим законам, которые называются картографическими проекциями.

Картой называют уменьшенное, обобщенное, построенное по определенным математическим законам изображение на плоскости всей Земли либо значительных ее частей с учетом кривизны уровенной поверхности.

Составленная в проекции Гаусса — Крюгера карта, содержащая изображение ситуации и рельефа, называется топографической картой.

Карты, в зависимости от масштаба, условно подразделяют на крупномасштабные — 1:100 000 и крупнее, среднемасштабные — 1:200 000 до 1:1 000 000 и мелкомасштабные — мельче 1:1 000 000.

Для составления планов применяют масштабы 1:200, 1:500, 1:1000 и 1:5000.

Кроме планов и карт, к топографическим материалам относят профили местности, представляющие собой уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности вдоль выбранного направления (рис. 1.12).

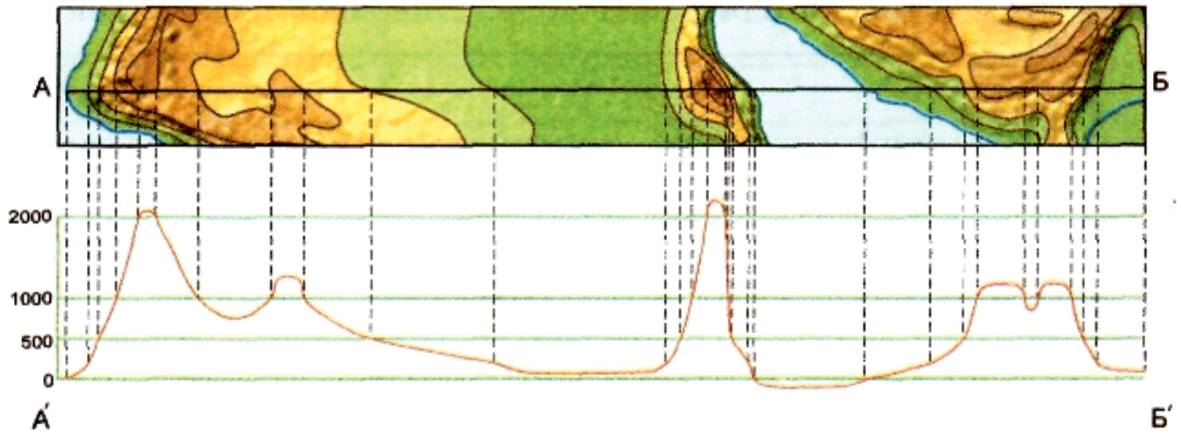

Рис. 1.12. Профиль местности

Разрез местности, как правило, представляет собой кривую линию, но на профиле ее изображают в виде ломаной, где поворотные точки ломаной — характерные точки местности. Для наглядности вертикальные отрезки изображают в более крупном масштабе, чем горизонтальные (как правило, вертикальный масштаб берут в десять раз крупнее горизонтального).

1.4. Ориентирование линий. Связь и взаимные преобразования ориентирных углов

При выполнении геодезических работ на местности и проектировочных работ на картах и планах необходимо определить положение линий относительно сторон света или какого-нибудь направления, принимаемого за исходное, т.е. сориентировать.

В качестве исходных используют направление $N^и$ истинного (географического) меридиана, направление $N^м$ магнитного меридиана, направление $N^о$ осевого меридиана зоны или направления, параллельного ему.

Направление $N^и$ — это горизонтальная линия в плоскости географического меридиана. Оно указывает на Северный полюс Земли. Направление $N^м$ — это горизонтальная линия в плоскости магнитного меридиана, т.е. отвесной плоскости, проходящей через ось свободно подвешенной магнитной стрелки. Из-за неравномерности распределения магнитных масс в теле Земли направление магнитного меридиана не совпадает с направлением на магнитный полюс. По этой причине, а также из-за несовпадения магнитного и географического полюсов между магнитным и истинным меридианом образуется угол δ, называемый *склонением магнитной стрелки*. Этот угол отсчитывают от истинного меридиана к магнитному. Восточному склонению приписывают знак плюс, западному — знак минус. Направление $N^о$ — это направление, как правило, параллельное осевому меридиану или оси абсцисс координатной сетки зоны. Если точка расположена на осевом меридиане, то направления $N^о$ и $N^и$ совпадают. Если точка лежит не на осевом меридиане, то между линией, параллельной осевому меридиану и истинным меридианом, образуется угол γ. Этот угол называют *сближением меридианов*. Он отсчитывается от истинного меридиана к осевому меридиану. Восточному сближению приписывают знак плюс, западному — минус.

Ориентирование линии местности относительно исходных направлений осуществляют с помощью *ориентирных углов* (рис. 1.13).

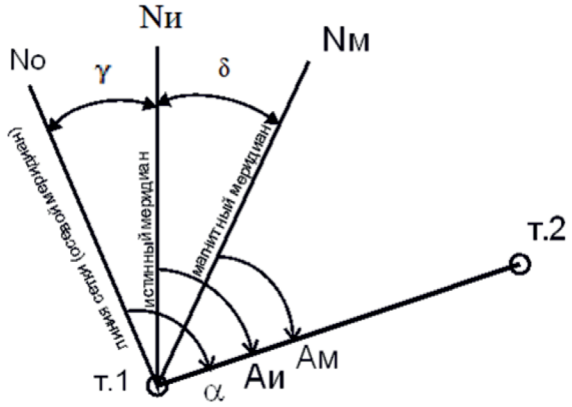

Рис. 1.13. Ориентирные углы

Угол между северным направлением $N^и$ истинного меридиана и направлением данной линии называют *истинным азимутом*. Истинный азимут $A^и$ отсчитывают от истинного меридиана по направлению часовой стрелки. Он изменяется от 0 до 360°. Угол между северным направлением магнитного меридиана и направлением данной линии называют *магнитным азимутом*. Магнитный азимут $A^м$ отсчитывается от магнитного меридиана по ходу часовой стрелки. Угол между северным направлением $N^о$ осевого меридиана и направлением данной линии называют дирекционным углом. Дирекционный угол α отсчитывается от осевого меридиана по ходу часовой стрелки и изменяется от 0 до 360°. На топографических картах и планах параллели осевому меридиану нанесены в виде координатной километровой сетки. *Румбом* называют острый горизонтальный угол между ближайшим (северным или южным) направлением осевого меридиана и данной линией.

Связь между истинными и магнитными азимутами

Для перехода от магнитного азимута к истинному надо знать величину и название склонения магнитной стрелки. Оно бывает восточным или западным.

Из рисунка 1.14 следует, что азимут истинный

$$A_и = A_м + \delta_в,$$

$$A_и = A_м - \delta_з,$$

где $A_м$ — магнитный азимут; δ — склонение магнитной стрелки.

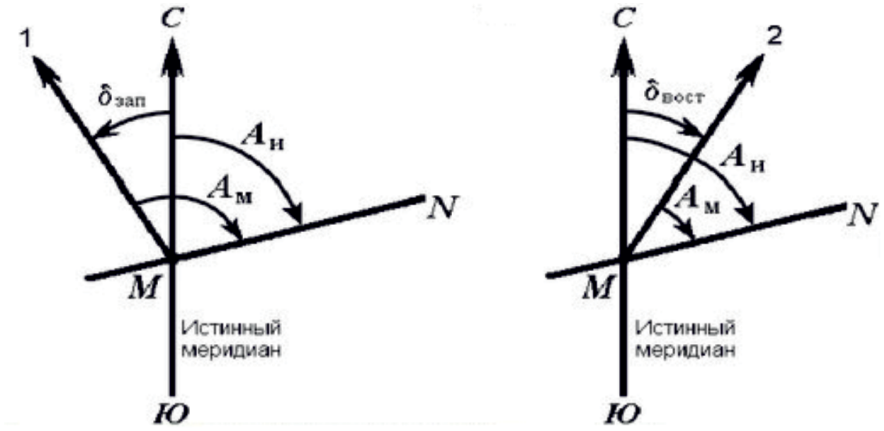

Рис. 1.14. Взаимосвязь между истинным и магнитным азимутами

Склонение магнитной стрелки изменяется в течение суток, года. Суточное изменение склонения в средней полосе России доходит до 15′. В аномальных районах пользоваться магнитной стрелкой нельзя, например в районе Курской магнитной аномалии.

Между азимутами и дирекционными углами существует следующая связь:

$A = \alpha \pm \gamma$.

Зависимость между прямым и обратным дирекционными углами (рис. 1.15)

Прямой и обратный дирекционные углы одной и той же линии отличаются между собой на 180°.

Румбом называется горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления осевого меридиана (северного или южного) до заданного направления. Следовательно, румб может принимать значения от 0 до 90º. Для определения направления по значению румба необходимо указывать название четверти:

I четверть — СВ (северо-восток), II четверть — ЮВ (юго-восток), III четверть — ЮЗ (юго-запад), IV четверть — СЗ (северо-запад).

Взаимосвязь между дирекционными углами и румбами представлена на рис. 1.16.

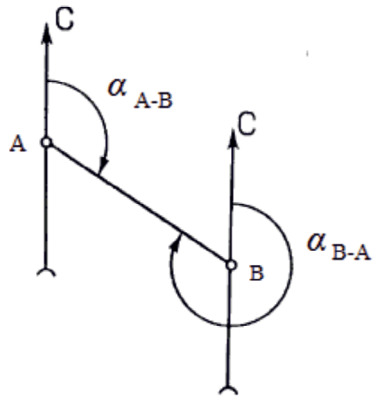

Рис. 1.15. Взаимосвязь прямого и обратного дирекционных углов

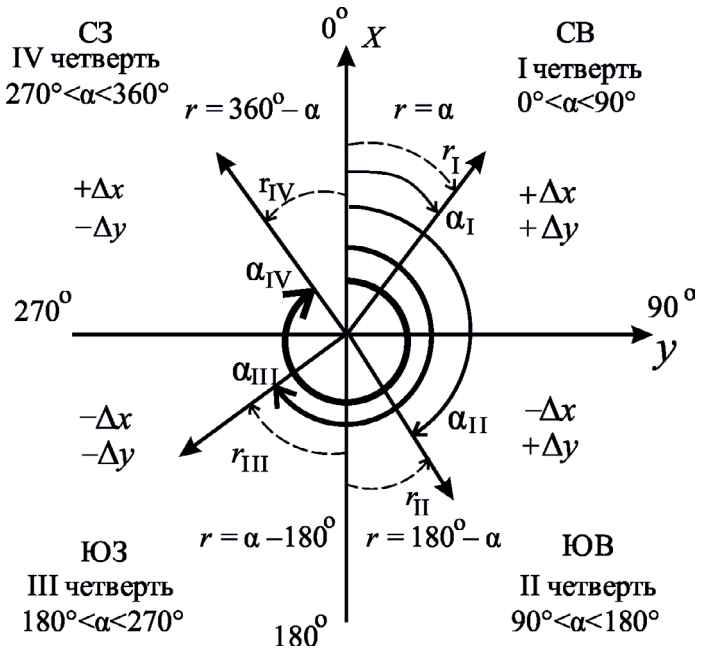

Рис. 1.16. Взаимосвязь между дирекционными углами и румбами

1.5. Решение прямой и обратной геодезических задач

Решение прямой геодезической задачи

В геодезии часто приходится передавать координаты с одной точки на другую. Например, зная координаты точки A, можно определить координаты точки B. Определение координат последующей точки, зная исходные координаты точки A (рис. 1.17), горизонтальное проложение линии S_{AB} и направление линии (дирекционный угол α_{AB}), называется *прямой геодезической задачей*.

Прямая геодезическая задача решается следующим образом.

Дано: Точка $A(X_A, Y_A)$, S_{AB} и α_{AB}.

Найти: точку $B(X_B, Y_B)$.

Из рисунка 1.17 имеем:

$\Delta X = X_B - X_A$;

$\Delta Y = Y_B - Y_A$.

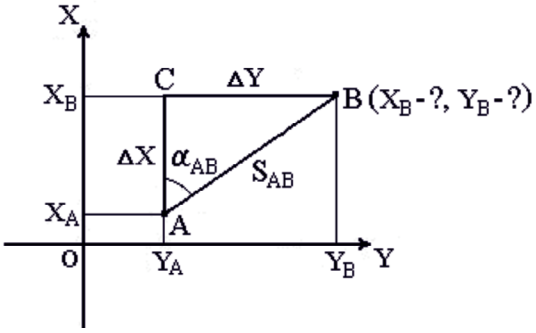

Рис. 1.17. Прямая геодезическая задача

Разности ΔX и ΔY координат точек последующей и предыдущей называются приращениями координат. Они представляют собой проекции отрезка AB на соответствующие оси координат. Их значения находим из решения прямоугольного прямоугольника ABC:

$\Delta X = S_{AB} \cos\alpha_{AB}$;

$\Delta Y = S_{AB} \sin\alpha_{AB}$.

Знаки приращений координат ΔX и ΔY зависят от знаков $\cos\alpha_{AB}$ и $\sin\alpha_{AB}$. Для различных значений углов знаки ΔX и ΔY представлены в табл. 1.1

Таблица 1.1

Знаки приращений координат ΔX и ΔY

Приращения координат	Четверть окружности, в которую направлена линия			
	I (СВ)	II (ЮВ)	III (ЮЗ)	IV (СЗ)
ΔX	+	–	–	+
ΔY	+	+	–	–

Вычислив приращения координат, находим искомые координаты другой точки:

$X_B = X_A \pm \Delta X$;

$Y_B = Y_A \pm \Delta Y$.

Таким образом можно найти координаты любого числа точек по правилу: координаты последующей точки равны координатам предыдущей точки плюс соответствующие приращения.

Решение обратной геодезической задачи

По известным координатам X_A, Y_A точки A и X_B, Y_B точки B требуется вычислить расстояние между ними S_{AB} и дирекционный угол α_{AB}.

Из рис. 1.17 видно, что

$$\operatorname{tg}\alpha_{A-B} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}.$$

Для определения дирекционного угла α_{AB}

$$\alpha_{A-B} = \operatorname{arctg}\frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

ГЛАВА 2. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ

2.1. Масштабы

Для составления карт и планов результаты измерения линий на местности уменьшают. Степень уменьшения зависит от размеров изображаемого участка и требуемой детальности изображения. На степень уменьшения указывает масштаб.

Масштабом плана называют отношение длины линии на плане к горизонтальному проложению соответствующей линии местности. Масштабы бывают численные, линейные и поперечные. Численный масштаб выражается аликвотной дробью, числитель которой единица, а знаменатель показывает, во сколько раз уменьшены горизонтальные проложения (1:1000; 1:5000).

Линейный масштаб представляет собой линейку с нанесенными делениями через равные отрезки, которые называются основанием масштаба. Используют линейный масштаб в полевых условиях, когда требуется быстро, но необязательно точно найти по карте расстояние между предложенными точками. Для более точного построения или определения длин отрезков пользуются поперечным масштабом.

2.2. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов

Чтобы изобразить весь земной шар в целом или отдельную территорию на листах карты или плана крупного масштаба, потребуется много таких листов. Каждый лист такой многолистной карты получает определенное обозначение (нумерацию). Разделение топографических карт на листы называется разграфкой. Номенклатурой называется система нумераций отдельных листов топографических карт и планов.

В основу номенклатуры топографических карт и планов положена карта масштаба 1: 1 000 000. Для получения одного листа карты этого масштаба весь земной шар делят меридианами от Гринвичского меридиана через 6° по долготе на 60 колонн (рис. 2.1), которые нумеруются арабскими цифрами на восток от 180-градусного меридиана. Каждая колонна делится параллелями через 4° по широте на ряды, обозначаемые прописными буквами латинского алфавита от *A* до *V*, начиная от экватора к Северному и Южному полюсам.

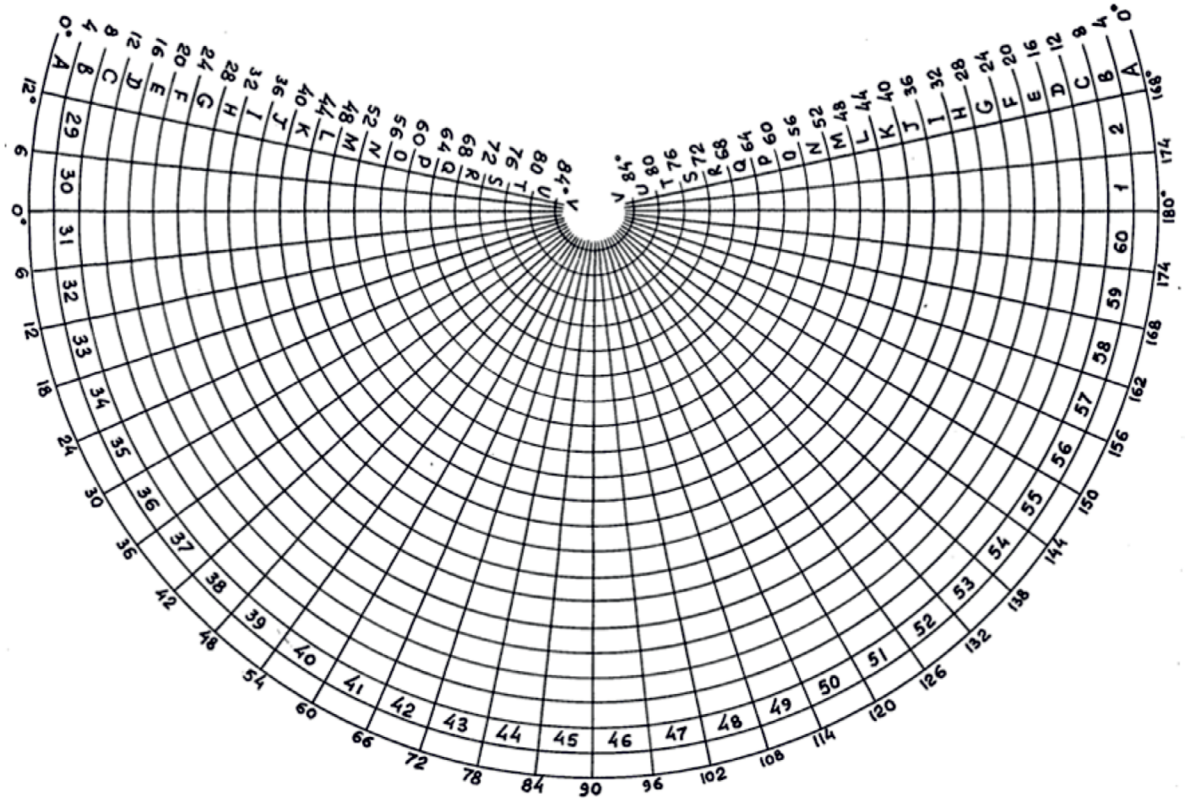

Рис. 2.1. Система разграфки и номенклатуры топографических карт

Номенклатура листа масштаба 1:1 000 000 складывается из двух индексов: обозначения ряда и номера колонны. Например, г. Москва расположен на листе *N*-37. Номенклатура листов топографических карт и планов масштаба 1:1 000 000 и крупнее, применяемых в инженерно-строительном деле, определяется следующим образом.

Каждый лист карты масштаба 1:1 000 000 делится на 144 листа карты масштаба 1:100 000, которые обозначаются арабскими цифрами (рис. 2.2). Листу карты 1:100 000 соответствует номенклатура *N*-37-144. Каждому листу карты масштаба 1:100 000 соответствуют четыре листа карты масштаба 1:50 000, которые обозначаются заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г.

Одному листу карты масштаба 1:50 000 соответствуют четыре листа карты масштаба 1:25 000, которые обозначаются строчными буквами а, б, в, г (*N*-37-144-Г-г). Каждому листу карты масштаба 1:25 000 соответствуют четыре листа карты масштаба 1:10 000, которые обозначаются цифрами 1, 2, 3, 4 (*N*-37-144-Г-г-4) (рис. 2.3).

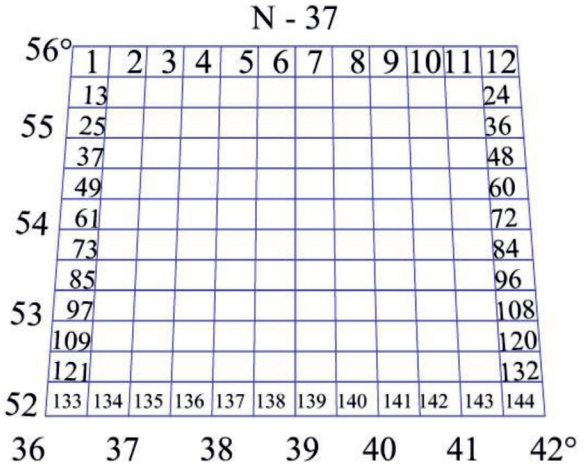

Рис. 2.2. Деление листа карты масштаба 1:1 000 000

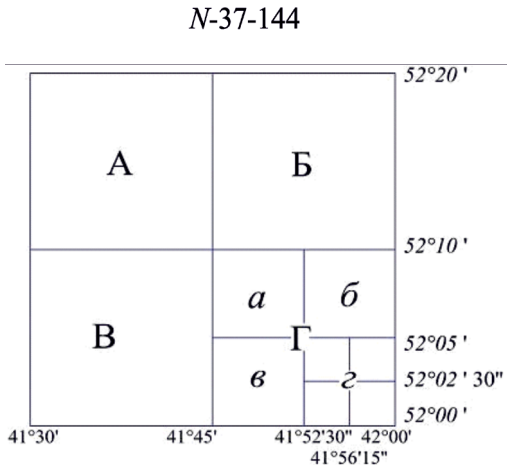

Рис. 2.3. Разграфка и номенклатура топографических карт масштабов 1:100 000; 1:50 000; 1:25 000 и 1:10 000

Трапецию масштаба 1:5000 получают путем деления каждого листа карты масштаба 1:100 000 на 256 частей и обозначают их арабскими цифрами от 1 до 256 (рис. 2.4, *а*).

Для получения трапеции масштаба 1:2000 каждую трапецию масштаба 1:5000 делят на 9 частей и обозначают буквами русского алфавита а, б, в, г, д, е, ж, з, и. Номенклатура трапеции масштаба 1:5000 складывается из названия соответствующего листа масштаба 1:100 000 с указанием в скобках порядкового номера трапеции масштаба 1:5000 (например: *N*-37-144(256)); номенклатура трапеции масштаба 1:2000 получается из названия трапеции 1:5000 с добавлением в скобках соответствующей буквы трапеции масштаба 1:2000 (например: *N*-37-144(256-и)) (рис. 2.4, *б*).

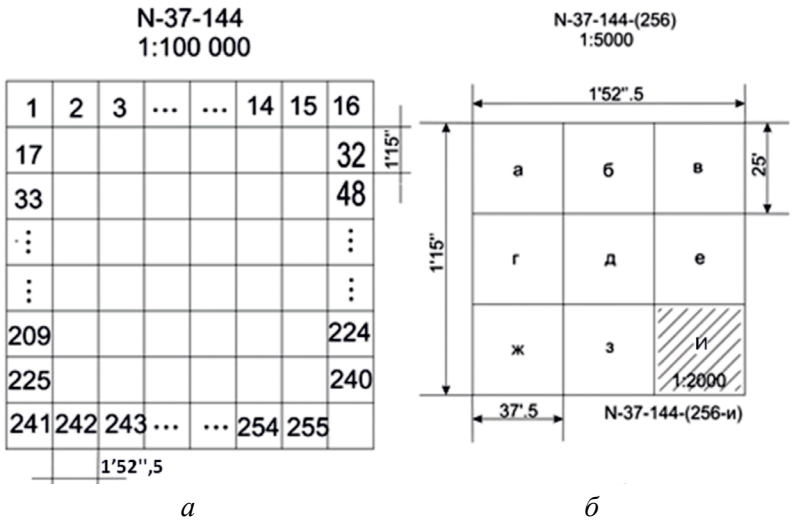

Рис. 2.4. Номенклатура листов карты масштаба 1:5000 и 1:2000

При создании топографических планов участков местности площадью до 20 км^2 может быть применена прямоугольная разграфка. В основу номенклатуры положен лист плана масштаба 1:5000 с размерами рамки 40×40 см, обозначаемый арабскими цифрами (рис. 2.5).

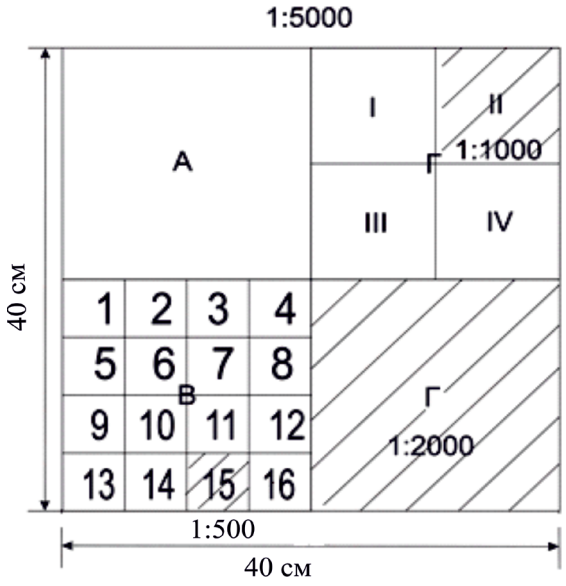

Рис. 2.5. Разграфка листа плана масштаба 1:5000

Одному листу плана масштаба 1:5000 соответствуют четыре листа масштаба 1:2000 с обозначением заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г. Листу масштаба 1:2000 соответствуют четыре листа масштаба 1:1000, обозначаемых римскими цифрами I, II, III, IV, и 16 листов масштаба 1:500, обозначаемых арабскими цифрами 1, 2, …, 16.

2.3. Условные знаки на планах и картах

На картах и планах изображаются различные объекты местности — контуры угодий, постройки, линии дорог, связи и т.д. Совокупность таких объектов называют ситуацией. Эти объекты на картах и планах изображают условными знаками. Если знаки с учетом масштаба передают реальные размеры объекта, то их называют масштабными (рис. 2.6). К таким относятся леса, поля, населенные пункты и т.д.

Рис. 2.6. Масштабные условные знаки внутри условного знака

Масштабные знаки изображают предметы подобными оригиналу, и по ним можно определить размеры и форму предметов; контуры обозначаются точечным пунктиром или тонкой сплошной линией, а внутри заполняются специальными значками. С уменьшением масштаба теряется детальность изображения. В этом случае невозможно отобразить объект в реальном масштабе, поэтому используют внемасштабные условные знаки, не передающие истинного размера объекта (рис. 2.7).

Рис. 2.7. Внемасштабные условные знаки

При необходимости изобразить объекты, у которых в масштабе может быть отображен только один линейный размер (длина дороги, трубопровода, линии электропередач), используют линейные знаки, занимающие «промежуточное» положение между площадными и внемасштабными знаками. При необходимости дать характеристику объекта (или указать его название) используют пояснительные знаки, которые представляют собой подписи, позволяющие определить, например, глубину реки, грузоподъемность моста, породу леса. Специальные условные знаки устанавливают соответствующие ведомства.

2.4. Формы рельефа местности и его изображение

Совокупность неровностей земной поверхности называют рельефом. На топографических планах и картах рельеф изображают горизонталями. *Горизонталь* — это замкнутая линия, соединяющая точки земной поверхности с одинаковыми высотами. Понятие о горизонтали можно получить, если представить себе местность, затопленную до данной высоты (рис. 2.8). Береговая линия в этом случае будет горизонталью. Таким образом, горизонталь — это след сечения местности уровенной поверхностью.

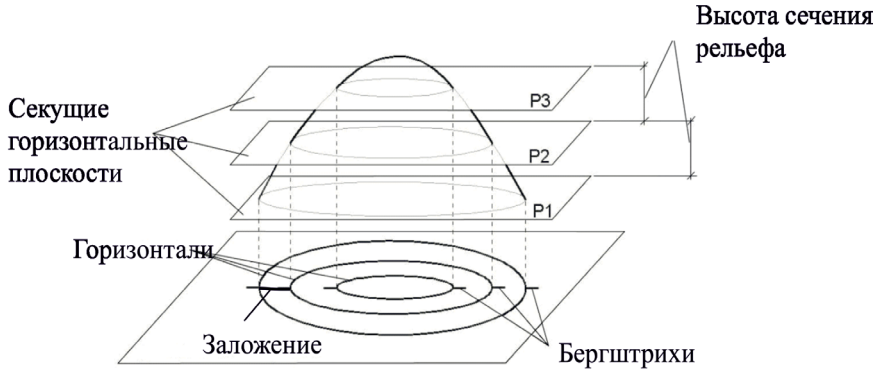

Рис. 2.8. Принцип изображения рельефа горизонталями на плоскости

Как правило, выделяют следующие основные формы рельефа. *Гора* (если высота менее 200 м, то *холм*) — это возвышающаяся над окружающей местностью часть земной поверхности. Наивысшая точка горы — вершина, низ — подошва, боковые поверхности — скаты. Для указания направления ската применяют бергштрихи (скатштрихи). *Котловина*, *впадина* — замкнутое углубление поверхности. Наиболее низкая часть впадины — дно, линия слияния с окружающей местностью — бровка. *Хребет* — вытянутая в одном направлении возвышенность со скатами в двух противоположных направлениях. Линия встречи скатов называется водоразделом. *Лощина* — вытянутое в одном направлении понижение с двумя скатами. Линия встречи скатов называется водосливом (тальвегом). *Седловина* — понижение между двумя возвышенностями. Наиболее низкую точку линии, соединяющей вершины возвышенностей, называют перевалом.

На планах и картах высоты горизонталей изменяются через равные промежутки. Разность высот двух соседних горизонталей называют *высотой сечения рельефа* (см. рис. 2.8), а расстояние между соседними горизонталями на плане — *заложением*. Высоту сечения рельефа выбирают в зависимости от масштаба карты и характера местности.

Для определения направления понижения ската пользуются черточками, называемыми *бергштрихами* (рис. 2.8). Для указания высот горизонталей их отметки подписывают в разрывах горизонталей, располагая верх цифр по направлению верха ската.

О крутизне ската можно судить по величине заложений на карте. Чем меньше заложение, тем круче скат. Для характеристики крутизны ската используют угол наклона ν между линией, соединяющей данные точки, и уровенной поверхностью (рис. 2.9).

Чем больше угол наклона, тем круче скат. Другой характеристикой крутизны служит уклон. *Уклоном* линии местности называют отношение превышения к горизонтальному проложению: $i = h/d = \mathrm{tg}\nu$. Уклон — безразмерная величина, его выражают в процентах или в промилле. Обычно крутизну ската определяют графически, пользуясь графиком заложений (рис. 2.10).

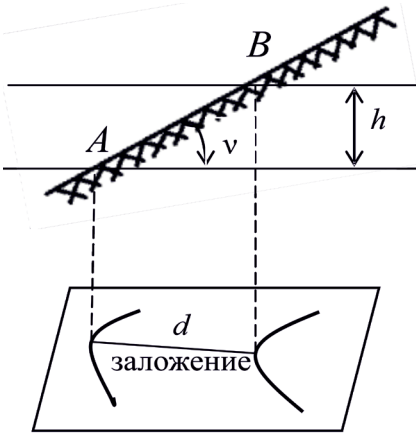

Рис. 2.9. Определение крутизны ската

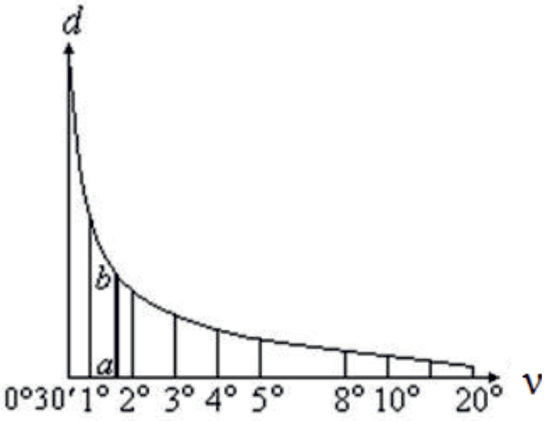

Рис. 2.10. График заложений

2.5. Решение задач по топографическим планам и картам

Определение координат точки

Система прямоугольных координат представлена на карте километровой сеткой, образованной линиями, параллельными и перпендикулярными осевому меридиану зоны. Линии абсцисс X и ординат Y на выходах за внутреннюю рамку карты подписывают значениями, выраженными в километрах. Для определения координат X и Y точки опускают перпендикуляр из определяемой точки на линии километровой сетки (Δx и Δy) (рис. 2.11). По измеренным на карте расстояниям и известному масштабу определяют расстояния на местности от точки до линий сетки с координатами. Далее определяют координаты точки как суммы координат линий X_0, Y_0 и расстояний от точки до них:

$$X_A = X_0 + \Delta x;$$

$$Y_A = Y_0 + \Delta y.$$

Определение высоты точки

Если точка лежит на горизонтали, то ее высота равна высоте этой горизонтали. Если точка лежит между горизонталями, то проводят через искомую точку C прямую, перпендикулярную к горизонталям, и измеряют линейкой отрезки e и d. Высоту H_c находят из соотношения (рис. 2.12).

$$H_c = H_1 + \Delta h, \text{ где } \Delta h = a(H_2 - H_1)/d.$$

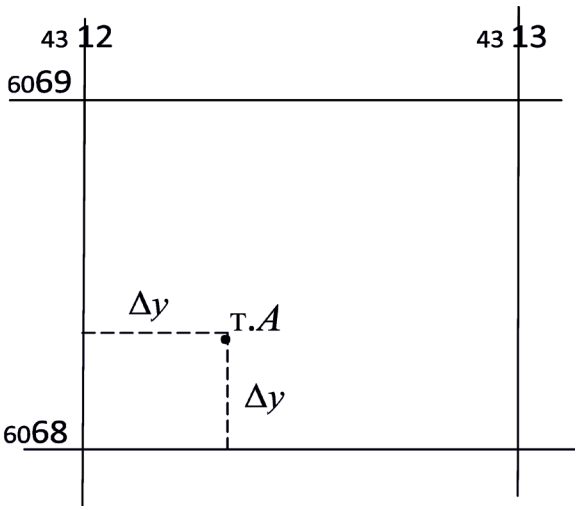

Рис. 2.11. Определение прямоугольных координат точек

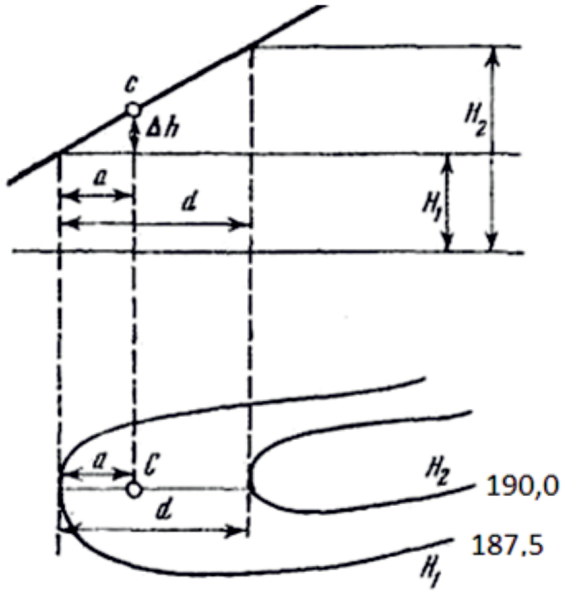

Рис. 2.12. Определение высоты точки

Определение крутизны ската

Угол наклона по графику заложений определяют следующим образом: измеряют циркулем заложение линии на плане (рис. 2.13), после чего прикладывают к графику заложений, приведенному на карте (рис. 2.14).

Совместив одну ножку циркуля с горизонтальной линией, а вторую — с кривой графика, определяют по шкале угол наклона линии. В данном случае угол наклона равен 2°20′.

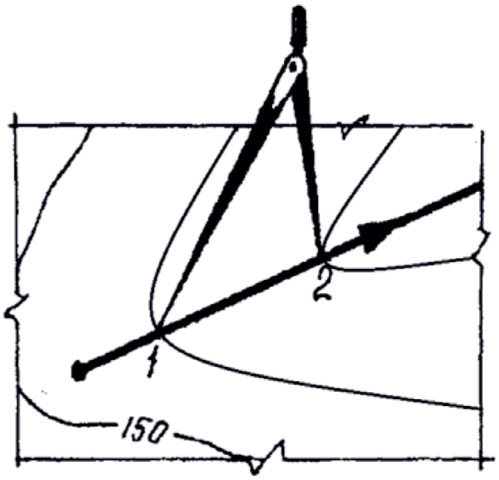

Рис. 2.13. Определение заложения

Построение профиля по топографической карте

Профиль строят в двух масштабах. Горизонтальный масштаб берут равным масштабу карты, а вертикальный, как правило, принимают в десять раз крупнее горизонтального. Делается это для того, чтобы более выразительно были отражены характерные особенности рельефа.

Пусть требуется построить профиль по линии *AB* (рис. 2.15). Для этого на миллиметровой бумаге строят сетку профиля. В графу «План местности» переносят при помощи измерителя ситуацию с карты в границах прямоугольника, построенного на карте на расстоянии 1 см по обе стороны от профиля линии *AB*. Определяют высоты точек пересечения направления *AB* с горизонталями (точки *1*, *2*, *3*, *c*, *4*), вычисляют также высоты начала, конца профиля и точек его перегиба, т.е. точек, находящихся на водоразделах и тальвегах. Вносят в соответствующие графы расстояния между намеченными на карте точками и их высоты. Значения высот откладывают в заданном масштабе на перпендикулярах, восставленных из ранее намеченных точек. Соединив концы перпендикуляров, получают линию профиля местности.

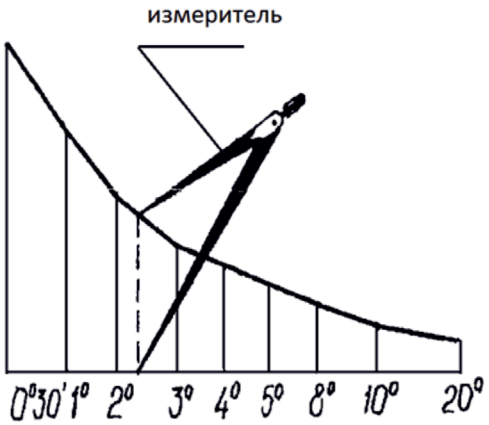

Рис. 2.14. График заложений. Определение угла наклона

ГЛАВА 3. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Методы и виды измерений

Обычно измерения организуют так, чтобы можно было получить, кроме необходимых, и дополнительные результаты. В этом случае получают не одно, а несколько отличающихся друг от друга приближенных значений измеряемой физической величины. Какое из них принять в качестве наилучшего, наиболее точного приближения к истинному значению измеряемой величины? Или, может быть, по этим результатам следует получить чисто вычислительным путем новое, более точное приближение? Ответы на эти вопросы составляют первую задачу теории погрешностей результатов измерений, которую называют задачей уравнивания результатов измерений, и формулируется она так:

теория погрешностей разрабатывает правила вычислений (при наличии дополнительных измерений) наиболее точных приближений к истинным значениям измеренных физических величин.

Любой процесс измерения происходит при наличии *пяти составляющих* (*факторов*) *измерения*:

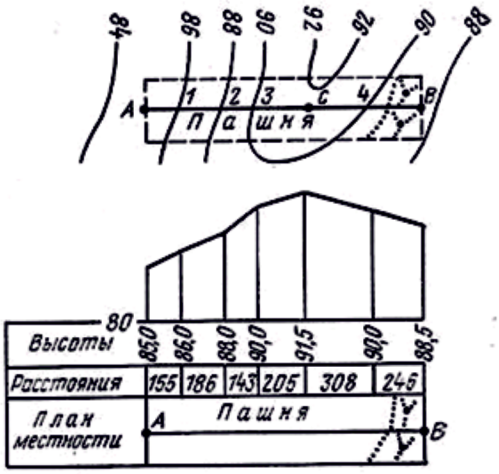

Рис. 2.15. Построение профиля местности

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru