

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ С 1 ПО 4

ЛЕКЦИЯ № 1	5
1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ГЕОДЕЗИИ. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ.	
СИСТЕМЫ КООРДИНАТ В ГЕОДЕЗИИ.....	5
1.1. ПРЕДМЕТ ГЕОДЕЗИИ.....	5
1.2. ПОНЯТИЕ О ФОРМЕ И РАЗМЕРАХ ЗЕМЛИ.....	6
1.3. МЕТОД ПРОЕКЦИЙ В ГЕОДЕЗИИ.....	8
1.4. ПОНЯТИЕ О ГЕОГРАФИЧЕСКИХ И ПРЯМОУГОЛЬНЫХ.....	9
КООРДИНАТАХ.....	9
1.5. АБСОЛЮТНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВЫСОТЫ ТОЧЕК ЗЕМНОЙ	
ПОВЕРХНОСТИ	13
ЛЕКЦИЯ № 2	15
2. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИИ	15
2.1. АЗИМУТЫ, ДИРЕКЦИОННЫЕ УГЛЫ И РУМБЫ.....	15
2.2. СВЯЗЬ МЕЖДУ ИСТИННЫМИ И МАГНИТНЫМИ АЗИМУТАМИ.	18
2.3. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ПРЯМЫМИ И ОБРАТНЫМИ	
АЗИМУТАМИ, ДИРЕКЦИОННЫМИ УГЛАМИ И РУМБАМИ.....	19
2.4. СВЯЗЬ МЕЖДУ ДИРЕКЦИОННЫМИ УГЛАМИ И ВНУТРЕННИМИ	
УГЛАМ ПОЛИГОНА.	19
ЛЕКЦИЯ № 3.....	20
3. ПЛАН, КАРТА, ПРОФИЛЬ.	20
3.1. ПОНЯТИЕ О ПЛАНЕ, КАРТЕ И ПРОФИЛЕ	20
3.2. МАСШТАБЫ.....	21

3.3. НОМЕНКЛАТУРА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ.....	24
3.4. РЕЛЬЕФ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ПЛАНАХ И КАРТАХ.....	29
3.5. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ И КАРТ	32
ЛЕКЦИЯ № 4	33
4. РЕШЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ НА КАРТЕ.	33
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	38

ЛЕКЦИЯ № 1

1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ГЕОДЕЗИИ. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ В ГЕОДЕЗИИ.

1.1. ПРЕДМЕТ ГЕОДЕЗИИ

Геодезия – наука, которая занимается изучением формы и размеров всей Земли или отдельных ее частей. Это изучение делается посредством геодезических измерений. Такие измерения производятся на поверхности Земли, в космосе и на море.

Геодезические измерения нужны для определения фигуры и размеров Земли, составления планов, карт и профилей, для решения различного рода инженерных задач, при проектировании и строительстве. Для геодезических измерений применяют угломерные и линейные приборы.

В процессе своего развития геодезия разделилась на ряд самостоятельных научных дисциплин: высшую геодезию, геодезию, инженерную геодезию, радиогеодезию, космическую геодезию, морскую геодезию, фототопографическую и картографию.

Высшая геодезия занимается определением фигуры и размеров всей Земли и значительных ее частей, определением координат и высот отдельных точек земной поверхности в единой системе, изучением вертикальных и горизонтальных деформаций земной коры.

Геодезия или топография занимается измерением и изображением на планах и картах земной поверхности, а также измерением относительных высот земной поверхности и изображением вертикальных ее разрезов.

Инженерная геодезия занимается вопросами геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, при установке и монтаже оборудования, при наблюдениях за вертикальными и горизонтальными смещениями инженерных сооружений и технологического оборудования.

Радиогодезия занимается измерением расстояний на Земле при помощи радио и светолокаций, соответственно приборами – радиодальномером и светодальномером.

Космическая геодезия занимается обработкой измерений, полученных при помощи искусственных спутников Земли, орбитальных станций и межпланетных кораблей.

Морская геодезия занимается вопросами топографо-геодезических работ морского дна.

Фототопография занимается изучением методов и средств создания топографических карт и планов по материалам фотографирования Земли.

Картография занимается изучением методов составления, издания и использования карт.

Геодезия тесно связана с другими научными дисциплинами: математикой, физикой, астрономией, географией, геоморфологией, автоматикой, электроникой, фотографией, черчением. По мере развития этих наук развивалась и геодезия, обогащалась новым научным содержанием, новыми, более совершенными приборами и методами геодезических измерений. Без помощи геодезии не могут обойтись многие инженерные науки.

1.2. ПОНЯТИЕ О ФОРМЕ И РАЗМЕРАХ ЗЕМЛИ

Поверхность Земли общей площадью *510 млн. км²* имеет возвышения и углубления, заполненные водой. Поверхность морей и океанов занимает 71%, а суша всего лишь 29% от общей поверхности Земли. Поэтому за форму Земли принимают форму поверхности воды океанов в спокойном состоянии, мысленно продолженную под материками. Такая поверхность называется *уровенной поверхностью Земли*. Уровенная поверхность в любой точке перпендикулярна к отвесной линии, проходящей через эту точку. Уровенная поверхность Земли имеет сложную форму и называется *поверхностью геоида*, а

тело, ограниченное ею - геоидом. Исследованиями установлено, что фигура геоида близко подходит к поверхности сфероида.

Сфероидом называется эллипсоид, который получается от вращения эллипса вокруг его малой оси.

Размеры земного эллипсоида определяются длинами большой и малой полуосей и сжатием эллипсоида (рис. 1.1.)

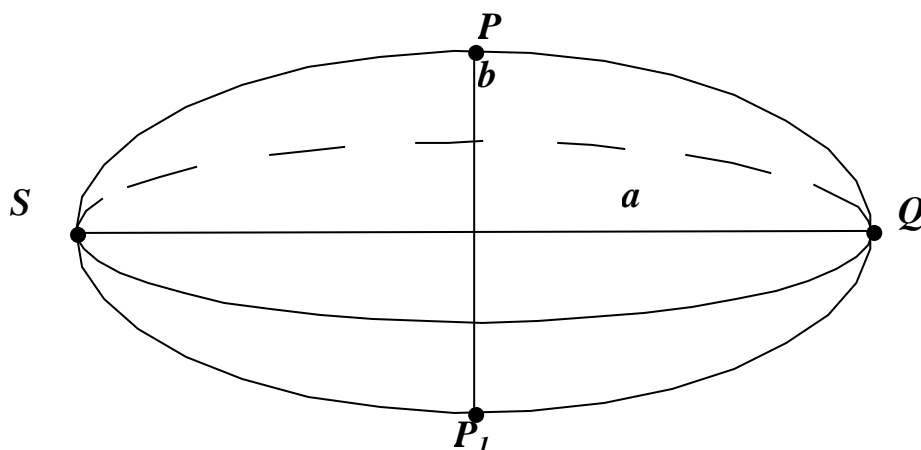


Рис.1.1.

Где - a - большая полуось или радиус экватора;

b - малая полуось или полуось вращения Земли;

$$\alpha = \frac{a - b}{a} - \text{сжатие земного эллипсоида.}$$

Величины a , b и α определяются посредством градусных измерений в различных местах меридиана. В разное время ученые многих стран занимались определением размеров Земли.

Наиболее точные результаты получили Ф.Н.Красовский и А.А. Изотов в 1940 году.

Постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946г. размеры земного эллипсоида, получившего название - эллипсоид Красовского, приняты для геодезических и картографических работ на всей территории СССР. Эти размеры следующие:

$$a = 6\,378\,245 \text{ м;}$$

$$b = 6\,356\,863 \text{ м};$$

$$\alpha = 1 : 298.3 .$$

Уровенная поверхность Земли в одних местах возвышается, в других понижается над поверхностью эллипсоида. Однако отклонение не превышает *150 м*.

Для решения многих задач прикладного значения Землю можно принимать за шар. Радиус такого шара равного по объему земному эллипсоиду по вычислениям Ф.Н. Красовского равен *6 371,11 км*.

1.3. МЕТОД ПРОЕКЦИЙ В ГЕОДЕЗИИ

На местности точки, линии, углы и контуры расположены в силу неровностей земной поверхности преимущественно на возвышениях или впадинах. Так как возвышения и впадины являются пространственными Формами, то для изучения и изображения местности на бумаге в геодезии пользуются методом проекций.

Пусть многоугольник *ABCOE* (рис.1.2) расположен на холмистой местности и нам нужно узнать его форму и размер. Для этого спроектируем все вершины этого многоугольника на горизонтальную плоскость *PQ*. Перпендикуляры *Aa*, *Bb*, *Cc*, *Dd* и *Ee* совпадают с отвесными линиями.

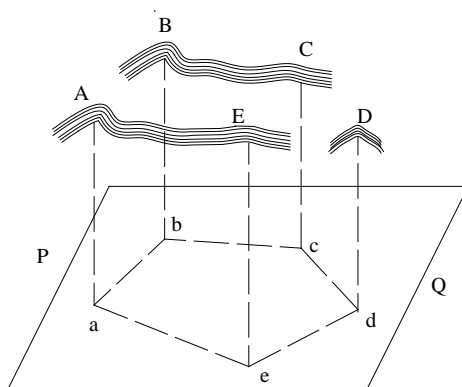


Рис.1.2

Точки *a*, *b*, *c*, *d* и *e* пересечения перпендикуляров с горизонтальной плоскостью есть проекции соответствующих точек местности *A*, *B*, *C*, *D*, *E*.

Линии ab, cb, cd, de, ea - горизонтальные проекции или горизонтальные проложения линий AB, BC, CD, DE, EA местности. Углы abc, bcd, cde, dea, eab - есть горизонтальные проекции или горизонтальные проекции углов ABC, BCD, CDE, DEA, EAB местности. Многоугольник $abcde$ называется горизонтальной проекцией или горизонтальным проложением многоугольника $ABCDE$ местности.

1.4. ПОНЯТИЕ О ГЕОГРАФИЧЕСКИХ И ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТАХ

Положение точек на земной поверхности можно определить с помощью координат. В геодезии применяются две системы координат - географические и плоские прямоугольные координаты.

С помощью географических координат, т.е. широт и долгот, определяют положение точек на поверхности Земли относительно экватора и начального меридиана (рис.1.3).

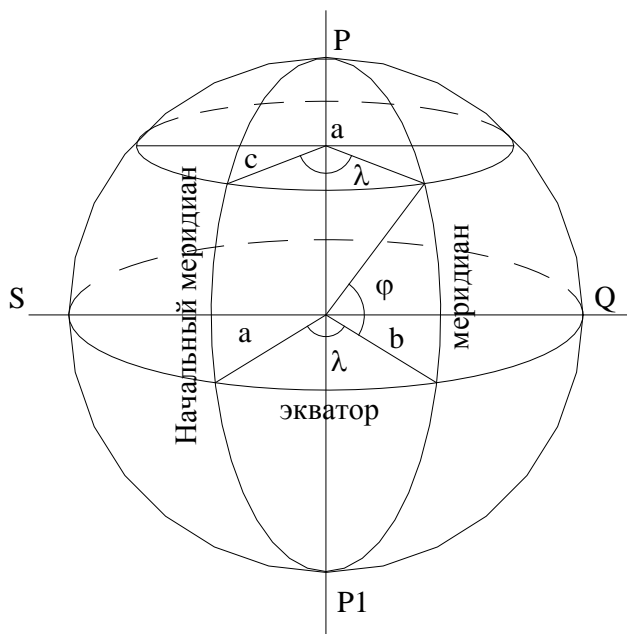


Рис.1.3

Где - PP_1 - воображаемая ось вращения Земли;

P - северный географический полюс Земли;

P_1 - южный географический полюс Земли.

Воображаемая плоскость, перпендикулярная к земной оси и проходящая через центр Земли, называется плоскостью экватора, а линия пересечения плоскости экватора с поверхностью Земли называется экватором.

Воображаемая плоскость, проходящая через ось вращения Земли и какую-нибудь точку на поверхности Земли, называется плоскостью меридиана, а линия пересечения этой плоскости с поверхностью Земли называется меридианом данной точки.

Мысленное сечение земной поверхности плоскостями, параллельными экватору, дает на поверхности Земли окружности, которые называются параллелями.

Широтой точки называется угол, составленный отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора и обозначается буквой φ .

Широта отсчитывается по дуге меридиана к северу и к югу от экватора от 0° до 90° . К северу от экватора широта называется северной, к югу - южной.

Долготой точки называется двухгранный угол между плоскостями меридиана данной точки и плоскостью начального меридиана и обозначается буквой λ . За начальный принимается меридиан, проходящий через Гринвич на окраине Лондона.

Долгота отсчитывается по дуге экватора или параллели от начального меридиана в сторону востока и запада от 0° до 180° . Долгота к востоку от Гринвичского меридиана называется восточной долготой, к западу - западной. Широты и долготы определяют положение любой точки на земной поверхности и выражаются в угловой мере.

Географические координаты определяются из астрономических наблюдений, а также с помощью геодезических измерений. В первом случае координаты называются астрономическими, во втором – геодезическими и вместо φ и λ обозначаются буквами β и Z .

Различие между астрономическими и геодезическими координатами происходит от несовпадения направлений отвесных линий и нормалей к эл-

липсоиду, которое называется уклонением отвесных линий и оно составляет в среднем $3-4''$, а в отдельных районах и больше. Астрономические и геодезические координаты объединяют общим названием - географические координаты. Достоинство географических координат заключается в том, что все точки земной поверхности выражаются в единой системе.

Положение точки на плоскости можно определить с помощью взаимно-перпендикулярных линий и перпендикуляров, опущенных из этой точки на эти линии (рис. 1.4). Точка O , точка пересечения линий называется началом координат, а прямые - осями координат. Линия XX - ось абсцисс, а линия YY - ось ординат. Отрезки $Mm=X$ и $Mm_1=Y$ называются координатами точки M .

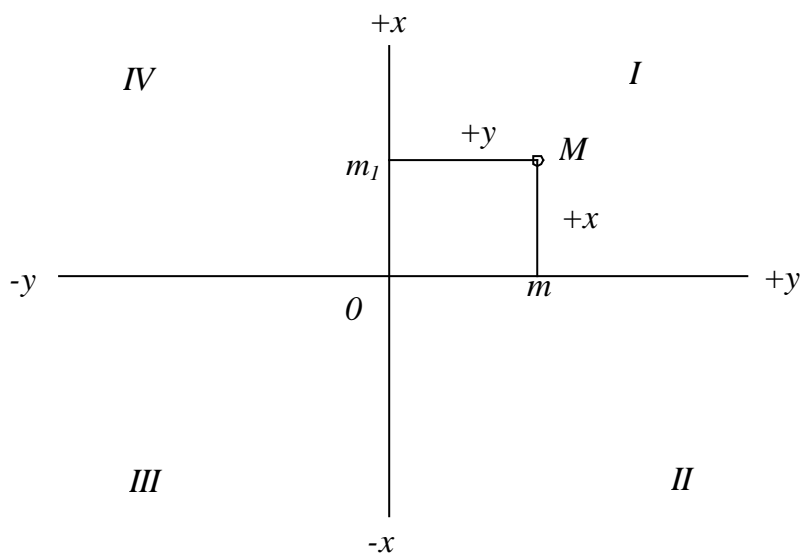


Рис.1.4

Оси координат делят плоскость на четыре четверти. Счет четвертей в геодезии ведется по ходу часовой стрелки. Знаки абсцисс и ординат точек, расположенных в разных четвертях, приведены в табл.1.1.

Плоские прямоугольные координаты выражаются в линейной мере и удобны при геодезических работах на небольших территориях. При этом за начало координат берется произвольная точка. Однако, такая система координат неудобна при геодезических работах на больших территориях, и в слу-

чае необходимости свести в единое целое геодезические работы на соседних участках.

Таблица 1.1.

Четверть	Знак абсциссы	Знак ординаты
I	+	+
II	-	+
III	-	-
IV	+	-

Поэтому в Советском Союзе в 1928 году была установлена общегосударственная система зональных прямоугольных координат. Для этого земной эллипсоид делят на 6° или 3° зоны, начиная от Гринвичского меридиана. Средний меридиан зоны называется осевым. Каждую зону особым способом проектируют на плоскость. При этом часть экватора и осевой меридиан превращаются в прямые взаимно перпендикулярные линии (рис.1.5).

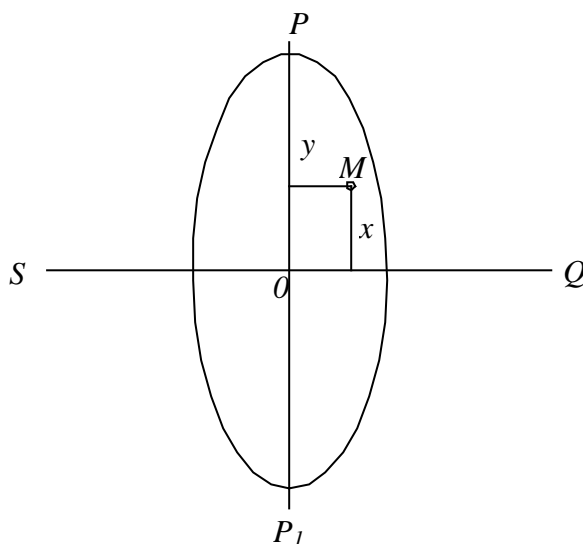


Рис. 1.5

Осевой меридиан принимают за ось абсцисс, а линию экватора - за ось ординат. За начало координат принимают точку O пересечения осевого меридиана с экватором. Точка O имеет абсциссу X и ординату Y . В северном

полушарии все абсциссы положительные, в южном - отрицательные. Все ординаты, расположенные на восток от осевого меридиана имеют знак плюс, на запад - минус. Чтобы не иметь отрицательных ординат, ординату осевого меридиана считают равной не нулю, а 500 км. Впереди ординаты указывается номер зоны, в которой находится точка. Например, запись ординаты 6 354 125 означает, что точка в шестой зоне и в действительности ордината $U = 354\ 125 - 500\ 000 = -145\ 875$ м. Счет зон ведется на восток от Гринвичского меридиана. Плоские прямоугольные координаты в зональной системе имеют связь с географическими координатами. Зная географические координаты точки земной поверхности можно вычислить зональные прямоугольные координаты и наоборот, зная зональные прямоугольные координаты можно вычислить географические координаты.

1.5. АБСОЛЮТНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВЫСОТЫ ТОЧЕК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Абсолютной высотой точки земной поверхности называется расстояние от этой точки по отвесной линии до уровенной поверхности, принятой за начало счета. Числовое значение высоты называется отметкой. В СССР счет абсолютных высот ведется от среднего уровня Балтийского моря, от нуля Кронштадского футштока. Если расстояние от точки земной поверхности берется не до уровенной поверхности моря, а до какой-нибудь другой условной поверхности, то и отметка называется условной. Величины $Aa=Ha$ и $Bb=Hb$ (рис. 1.6) есть абсолютные высоты точек A и B земной поверхности. Расстояние от точки земной поверхности, по отвесной линии, до уровенной поверхности, проведенной через другую точку, называется относительной высотой или превышением одной точки над другой. Величина h (рис. 1.6) - есть превышение точки над точкой A . Превышение может иметь знак плюс или минус в зависимости от положения определяемой точки. Если определяемая точка находится выше по отношению к другой, то превышение положительное, а если ниже, то отрицательное.

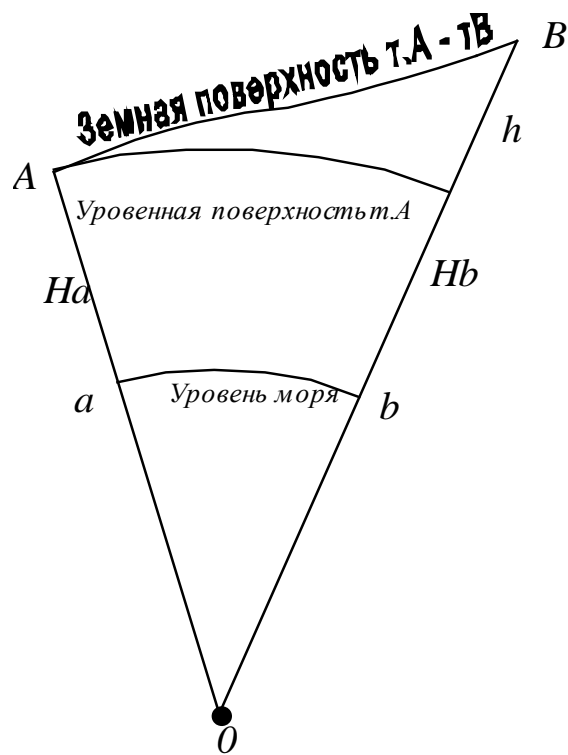


Рис.1.6

ЛЕКЦИЯ № 2

2. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИИ

2.1. АЗИМУТЫ, ДИРЕКЦИОННЫЕ УГЛЫ И РУМБЫ.

Ориентировать линию - значит определить ее направление относительно истинного или магнитного меридиана. Направление истинного меридиана в данной точке определяется астрономически, магнитного - при помощи магнитной стрелки. Для ориентирования линий служат углы, которые называются азимутами, дирекционными углами и румбами.

Азимутом называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии. Азимуты изменяются от 0° до 360° (рис.2.1).

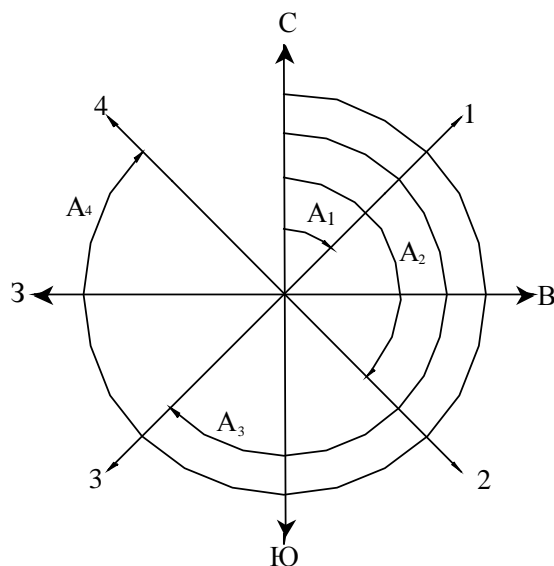


Рис. 2.1

Азимут называется истинным, если он отсчитывается от истинного меридиана, и магнитным, если отсчитывается от магнитного меридиана.

Азимут одной и той же линии в разных ее точках различен (рис.2.2)

$$A_2 = A_1 + \gamma \quad 2.1$$

где γ - угол сближения меридианов.

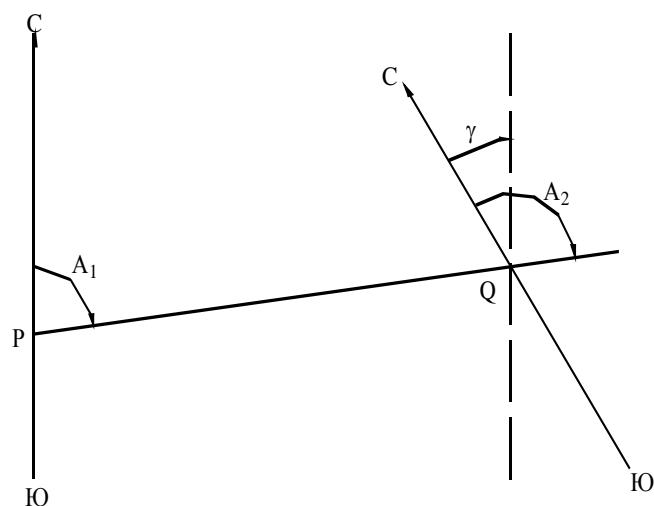


Рис. 2.2

Сближением меридианов называется угол между полуденными линиями двух точек. Полуденными линиями называются касательные к меридианам, проходящим через эти точки. Сближение меридианов можно вычислить по приближенной формуле

$$\gamma = \Delta\lambda \times \sin\varphi \quad 2.2$$

где $\Delta\lambda$ - разность долгот двух точек,

φ - средняя широта этих точек.

Дирекционным углом называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана, или линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до направления данной линии (рис. 2.3).

Дирекционный угол изменяется от 0° до 360° . Дирекционный угол одной и той же линии в разных ее точках одинаков. Между азимутами и дирекционными углами существует следующая связь:

$$A = \alpha \pm \gamma \quad 2.3$$

Угол γ имеет знак положительный, если точка Q на востоке от осевого меридиана, и отрицательный, если на западе.

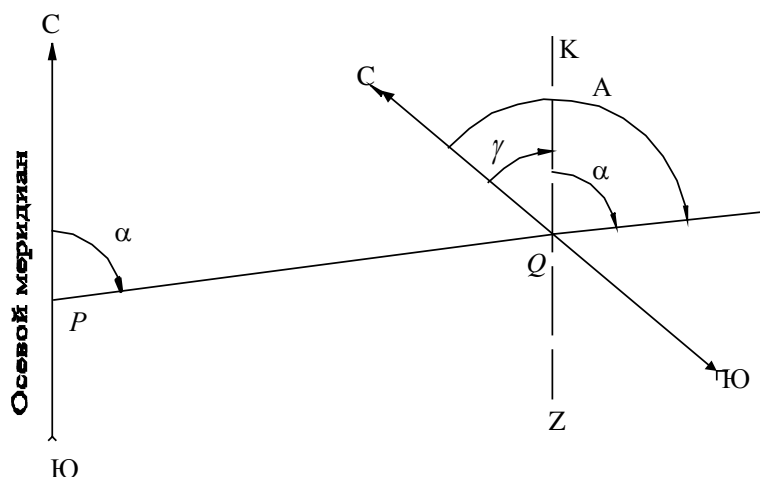


Рис.2.3

Румбом называется острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до направления данной линии (рис.2.4).

Румбы изменяются в пределах между 0° и 90° и сопровождаются названием *СВ*, *ЮВ*, *ЮЗ*, *СЗ*. Если румбы отсчитываются от истинного или магнитного меридиана, то их называют истинными или магнитными. Между азимутами и румбами существует связь, показанная в табл.2.1. Зная азимуты можно вычислить румбы и наоборот.

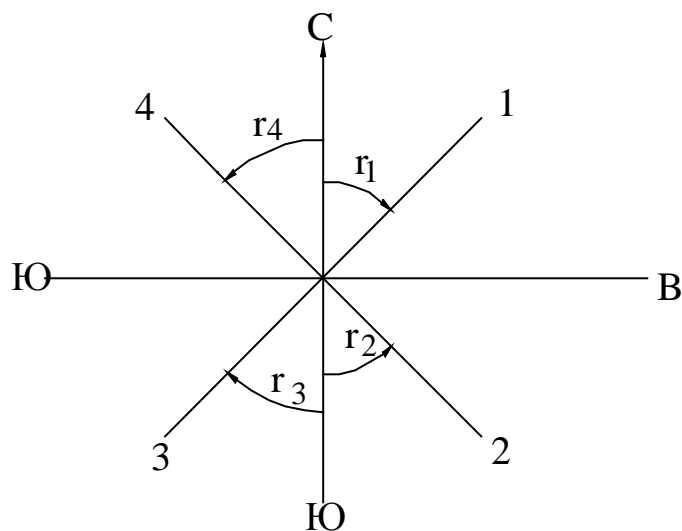


Рис. 2.4

Таблица 2.1

Интервалы изменения азимута	Румб
$0^0 < A < 90^0$	СВ: $r=A$
$90^0 < A < 180^0$	ЮВ: $r=180^0-A$
$180^0 < A < 270^0$	ЮЗ: $r=A-180^0$
$270^0 < A < 360^0$	СЗ: $r=360^0-A$

Пример 1. $A = 170^{\circ}20'$. Найти румб.

Ответ. Румб будет ЮВ: $9^{\circ}40'$.

Пример 2. Дан румб СЗ: $40^{\circ}35'$. Найти азимут.

Ответ. $A = 319^{\circ}25'$.

2.2. СВЯЗЬ МЕЖДУ ИСТИННЫМИ И МАГНИТНЫМИ АЗИМУТАМИ.

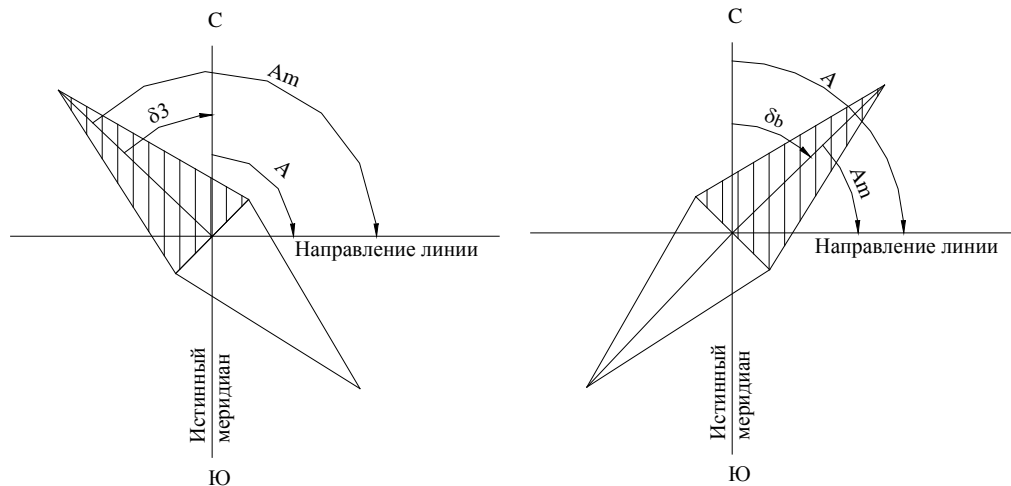


Рис.2.5 (а,б)

Из рис. 2.5 а и 2.5.б следует, что истинный азимут будет вычисляться по формуле 2.4:

$$A_u = A_M + \delta_{вост}; A_u = A_M + \delta_{зап}; \quad 2.4$$

где A_M - магнитный азимут, $\delta_{вост}$ - склонение магнитной стрелки восточное, $\delta_{зап}$ - западное.

Склонение магнитной стрелки изменяется и бывает вековое, годичное и суточное. Суточное изменение склонения в средней полосе СССР доходит до 15'. В аномальных районах пользоваться показаниями магнитной стрелки нельзя, например, в районе Курской магнитной аномалии.

2.3. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ПРЯМЫМИ И ОБРАТНЫМИ АЗИМУТАМИ, ДИРЕКЦИОННЫМИ УГЛАМИ И РУМБАМИ.

Азимут A направления PQ называется прямым, а противоположного A обратным (рис.2.3).

$$A' = A + 180^\circ + \gamma \quad 2.5$$

Прямой и обратный азимуты одной и той же линии в разных ее точках отличаются между собой на $180^\circ + \gamma$. Прямой и обратный румбы имеют противоположные названия и отличаются на величину γ сближения меридианов. Прямой и обратный дирекционные углы одной и той же линии отличаются между собой на 180° (рис.2.4).

Обратный дирекционный угол вычисляется по формуле

$$\alpha' = \alpha + 180^\circ \quad 2.6$$

Прямой и обратный румбы, вычисленные по дирекционным углам отличаются только противоположным названием.

2.4. СВЯЗЬ МЕЖДУ ДИРЕКЦИОННЫМИ УГЛАМИ И ВНУТРЕННИМИ УГЛАМИ ПОЛИГОНА.

Из рис. 2.8 следует, что дирекционный угол линии последующей равен дирекционному углу предыдущей плюс 180° минус угол вправо по ходу лежащий при этом выражение имеет вид:

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta$$

2.7

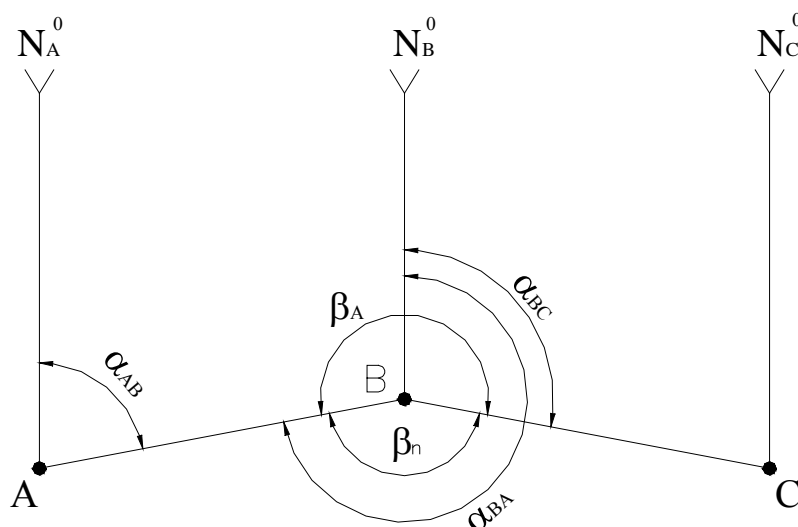


Рис. 2.8

ЛЕКЦИЯ № 3.

3. ПЛАН, КАРТА, ПРОФИЛЬ.

3.1. ПОНЯТИЕ О ПЛАНЕ, КАРТЕ И ПРОФИЛЕ

Землю с некоторым приближением можно рассматривать как шар, поэтому изображение земной поверхности естественней всего получить при помощи шара. Таким изображением является глобус. Однако, даже самые большие глобусы не позволили бы изобразить на них все необходимые контуры и предметы местности с достаточной подробностью и пользование ими было бы неудобно. Поэтому на практике прибегают к плоским изображениям. При этом пользуются рассмотренным выше методом проекций.

При изображении небольшого участка земной поверхности радиусом до 10 км проектируют его на горизонтальную плоскость. Полученное горизонтальное проложение участка в уменьшенном виде наносят на бумагу. Ошибки, возникающие в этом случае за счет кривизны Земли, находятся в пределах самой высокой точности линейных измерений и, поэтому, не будут

иметь практического значения. Таким образом, чертеж, дающий в полном и уменьшенном виде изображение горизонтального проложения участка местности, называется планом.

При изображении на плоскости значительных территорий проектирование их проводят уже на сферическую поверхность, которую затем разворачивают в плоскость. В этом случае участки местности изображаются с определенными искажениями. Для уменьшения, а так же для учета этих искажений применяют специальные методы построения изображений называемые картографическими проекциями. Разработкой этих проекций занимается дисциплина - математическая картография. В выбранной проекции по определенным математическим законам строят географическую сетку, меридианов и параллелей, называемую картографической сеткой, внутри которой располагают изображение элементов местности - контуров и рельефа. Такое построение будет являться картой. Итак, уменьшенное изображение на плоскости значительного участка земной поверхности, полученное с учетом кривизны Земли, называется картой. Планы и карты с изображением на них контуров и рельефа местности называются топографическими, а планы с изображением только контуров (ситуации) называются контурными или ситуационными.

Для проектирования различных сооружений линейного типа (дорог, линий подземных коммуникаций и т.д.) необходимо знать рельеф по направлению оси сооружений. В этом случае строится профиль. Профилем называется изображение на бумаге в уменьшенном виде вертикального разреза местности.

3.2. МАСШТАБЫ

При изображении участков земной поверхности на бумаге горизонтальные проложения их уменьшают в несколько раз. Степень уменьшения линий местности при перенесении их на бумагу называют масштабом. Другими словами, масштабом плана или карты называют отношение длины линии на плане (карте) к длине горизонтального проложения со-

ответствующей линии на местности. Это отношение выражается в виде дроби с числителем единица и знаменателем, показывающим, во сколько раз горизонтальные проложения линий местности уменьшены при перенесении их на план. Например, 1:1000, 1:2000, 1:5000 и т.д. В такой записи масштаб называют численным масштабом. Чем меньше знаменатель численного масштаба, тем крупнее масштаб изображения и тем больше размер получают на плане одни и те же линии. Например, горизонтальное проложение линии местности, равное 150 м на плане масштаба 1:5000 будет равно 3 см, на плане масштаба 1:1000 - 15 см. Численный масштаб служит, в основном, для обозначения масштаба, в котором составлены данный план или карта. Пользоваться же численным масштабом при работе с планом или картой неудобно, так как в этом случае пришлось бы постоянно производить определенные вычисления. Поэтому обычно пользуются линейным или поперечным масштабом.

Для построения линейного масштаба (см. рис.3.1) вычерчивают прямую линию и делят ее на ряд равных отрезков, называемых основанием масштаба. Крайний левый отрезок делят дополнительно на 10 равных частей.

Концы отрезков подписывают количеством метров на местности, соот-

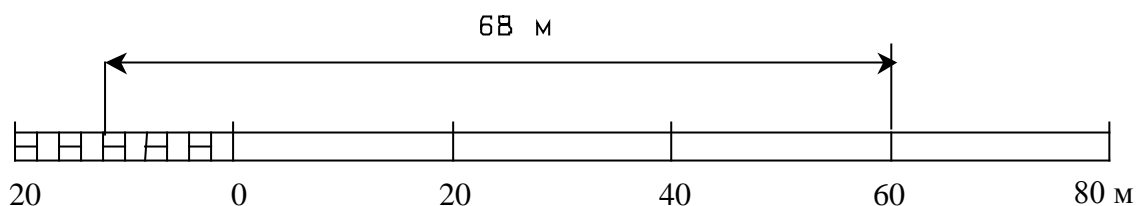


Рис.3.1

ветствующим в данном масштабе расстоянию данного штриха от нулевого, за который принимают правый конец первого отрезка.

На рис.3.1 изображен линейный масштаб для численного масштаба 1:1000 при основании масштаба 2 см.

Если необходимо, например, отложить на плане масштаба 1:1000 горизонтальное проложение линии, равное 68 м, то одну ножку циркуля ставят на деление 60 м и вторую ножку на четвертое деление влево от нуля. При необходимости отложить в этом масштабе расстояние, например, 68,6 м, десятые доли метра придется оценивать на глаз с определенной ошибкой. Для того, чтобы избежать оценки долей деления на глаз и, тем самым повысить точность работы с планом или картой, применяют поперечный масштаб. Поперечный масштаб (см. рис.3.2) строят следующим образом.

На прямой линии откладывают несколько раз основание масштаба, рав-

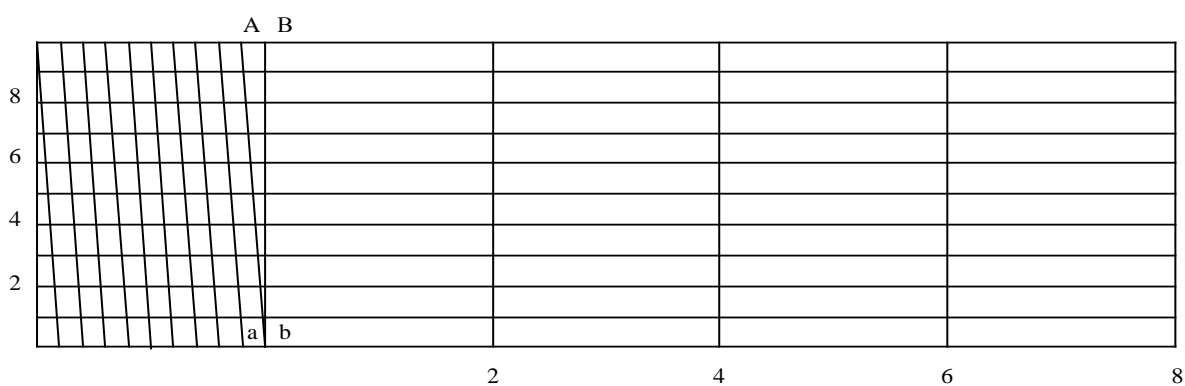


Рис.3.2

ное, обычно, 2 см. Из конца каждого полученного отрезка восстанавливают перпендикуляры, крайние из которых делят на десять равных частей и через точки деления проводят параллельные линии. Верхний и нижний крайние левые отрезки также делят на десять равных частей и точки деления соединяют косыми линиями

Из подобия треугольников Oab и OAB следует, что $ab = \frac{1}{10}AB$

т.е. наименьшее деление поперечного масштаба равно 0,2 мм. Если при использовании поперечного масштаба одну ножку циркуля вести по вертикальной линии, а вторую по наклонной, то перемещение циркуля на одно деление вверх будет соответствовать изменению длины линии на 0,2 мм в масштабе плана или карты. Например, расстояние, обозначенное на рис.3.2 крестиками, будет равно соответственно в масштабе 1:1000 - 68,6 м, в масштабе 1:2000 - 137,2 м, в масштабе 1:5000 - 343 м.

Поперечный масштаб обычно гравировается на специальных металлических линейках, называемых масштабными линейками.

За критерий точности, с которой можно определять длины линий, пользуясь поперечным, масштабом, берется величина, равная 0,1 мм, на плане (карте), называется точностью масштаба. Так, на плане масштаба 1:1000 можно откладывать или измерять расстояния с точностью 0,1 м, в масштабе 1:2000 - 0,2 м, в масштабе 1:500 - 0,5 м и т.д.

Топографические планы создаются в крупных масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000. Предназначаются они для составления генеральных планов, технических проектов и рабочих чертежей при обеспечении строительства различных инженерных сооружений.

Карты в СССР по масштабам подразделяются на крупномасштабные (1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000), среднемасштабные (1:200000, 1:300000, 1:500000) и мелкомасштабные (1:1000000). Крупномасштабные топографические карты могут быть использованы для предварительных изысканий строительства, для выбора территорий, намечаемых под строительство промышленных сооружений, жилых поселков, городов.

3.3. НОМЕНКЛАТУРА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ

Чтобы представить весь земной шар, территорию Советского Союза или даже одного города на отдельных листах карты или плана крупного масштаба, потребуется много таких листов.

Для удобства использования такой многолистной карты каждый ее лист получает определенное обозначение. Система разграфки и обозначений топографических карт и планов называется номенклатурой.

В основу номенклатуры топографических карт и планов положена карта масштаба 1:1000000 для получения такой карты земной шар делится меридианами через 6° на колонны и параллелями через 4° на ряды (см. рис.3.3). Колонны нумеруются арабскими цифрами от 1 до 60 с запада на восток, начиная от меридиана с долготой 180°. Ряды обозначаются заглавными буква

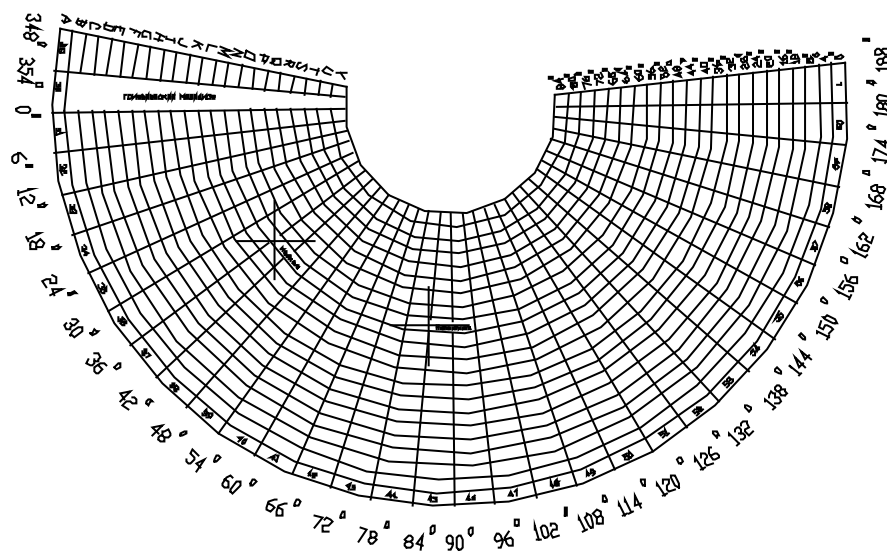


Рис.3.3.

ми латинского алфавита от *A* до *V*, начиная от экватора к северному и южному полюсам.

Каждый полученный таким образом участок земной поверхности изображается на отдельном листе карты масштаба 1:1000000. Номенклатура такого листа будет складываться из буквы, обозначающий ряд и номера колонны, например, /У -37, М - 36 и т.д. Каждому листу карты масштаба 1:1000000 соответствует 144 листа карты масштаба 1:100000, которые обозначаются арабскими цифрами (рис.3.4). Номенклатура такого листа будет складываться из номенклатуры листа карты масштаба 1:1000000 с добавлением номера листа карты масштаба 1:100000. Например, номенклатура последнего листа этого масштаба будет N -37-144.

Лист карты масштаба 1:100000 служит основой для номенклатуры крупномасштабных карт и планов, применяемых в инженерно-строительном деле. Каждому листу карты этого масштаба соответствует 4 листа карты масштаба 1:50000, которые обозначаются заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г. Номенклатура последнего листа будет иметь вид N -37-144-Г (рис.3.4).

N37

56°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13											24
55°	25											36
	37											48
	49											60
54°	61											72
	73											84
	85											96
53°	97											108
	109											120
	121											132
52°	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°					

Рис.3.4

Одному листу карты масштаба 1:50000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:25000, которые обозначаются строчными буквами а,б,в,г, например, N -37-144-Г-г.

Каждому листу карты масштаба 1:25000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:10000, которые обозначаются цифрами 1,2,3,4, например, N -37-144-Г-Г-4 (рис.3.5). Листу карты масштаба 1:10000 соответствует 256 листов

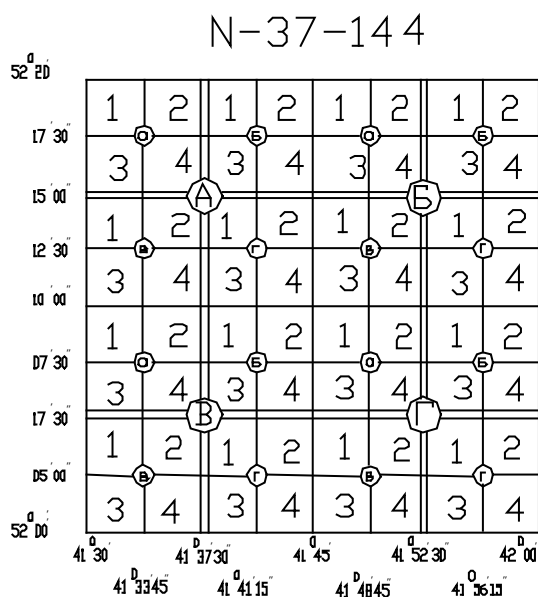


Рис.3.5

плана масштаба 1:5000, которые обозначаются цифрами от 1 до 256, приписываемыми к номенклатуре листа карты масштаба 1:100000 в скобках. Например, N -37-144-(256) (рис.3.6а). Одному листу плана масштаба 1:5000 соответствует 9 листов плана масштаба 1:2000. Каждый такой лист обозначается строчной буквой от а до и, заключаемой также в скобки, например, N -37-144-(256-И) (рис.3.6.б). Размеры рамок листа для карт и планов различных масштабов и образец записи номенклатуры - в табл.3.1.

При составлении проекта какого-либо строительного объекта возникает необходимость наличия карты или плана определенного масштаба на район строительства.

а) N 37-144

б)

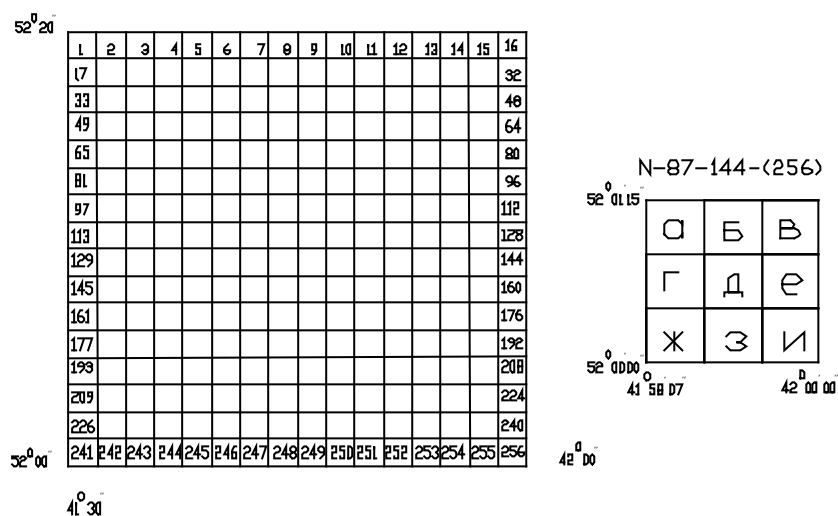


Рис.3.6 а, б.

Таблица 3.1

Масштаб	Образец номенклатуры	Размер рамок	
		по широте	по долготе
1:1 000 000	N - 37	4°	6°
1:100 000	N - 37 - 144	20'	30'
1:50 000	N - 37/144 - Г	10'	15'
1:25 000	N - 37 - 144 - Г -г	5'	7'30"
1:10 000	N - 37 - 144 - Г -г - 4	2'30"	3'45"
1:5 000	N - 37 - 144- /256/	1'15"	1'52", 5
1:2 000	N - 37 - 144- /256-и/	25"	37", 5

Чтобы получить нужный лист необходимо указать его номенклатуру, которая может быть определена по известным географическим координатам пункта, расположенного в пределах данного листа. Определение номенклатуры удобно выполнять, пользуясь сборными таблицами листов карт, выполненными в мелком масштабе.

При создании топографических планов участков площадью до 20 км, может быть применена прямоугольная разграфка. В основу разграфки в этом случае положен лист плана масштаба 1:5000 с размерами рамок 40х40 см, обозначаемый арабскими цифрами (рис.3.7).

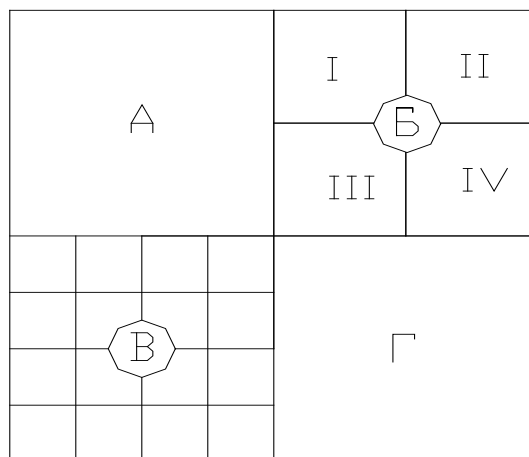


Рис.3.7

Этому листу соответствует 4 листа плана масштаба 1:2000. Номенклатура такого листа складывается из номера листа плана масштаба 1:5000 с добавлением заглавной буквы русского алфавита (*А,Б,В*), например, 4-Г. Каждому листу плана масштаба 1:2000 соответствует 4 листа плана масштаба 1:1000, обозначаемые римскими цифрами (I, II, III, IV и т.д.) и 16 листов плана масштаба 1:500, обозначаемые арабскими цифрами (1,2,3,...16). Номенклатура листов планов масштабов 1:1000 и 1:500 складывается из номенклатуры листа плана масштаба 1:2000 и соответствующей римской цифры для листа плана масштаба 1:1000 или арабской цифры для листов плана масштаба 1:500 (например, 4-Б-1V или 4-В-16).

3.4. РЕЛЬЕФ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ПЛАНАХ И КАРТАХ.

Совокупность неровностей физической поверхности Земли называется рельефом земной поверхности. При большом разнообразии форм рельефа можно выделить следующие его основные формы.

Гора - возвышенность в виде купола или конуса. Если такая возвышенность ниже 200 м по отношению к окружающей местности, ее называют холмом. Гора имеет вершину, скаты и подошву.

Котловина - чашеобразная вогнутая часть земной поверхности. Имеет дно, скаты и бровку. Небольшая котловина называется впадиной.

Хребет - возвышенность, вытянутая в одном направлении. Имеет водораздел, скаты и подошву.

Лощина - в противоположность хребту, углубление, вытянутое в одном направлении. Лощина имеет водосливную линию, скаты и бровку. Разновидностями лощины являются долина, ущелье, овраг и балка.

Седловина - перегиб хребта между двумя вершинами.

Равнина - местность со спокойным рельефом. Если ее высота над уровнем моря менее 200 м, то это будет низменность, если более 200 м - плато.

При планировке городов, благоустройстве населенных мест, при строительстве различного рода зданий и сооружений требуется тщательное изучение и анализ существующих форм рельефа с целью приспособления его под

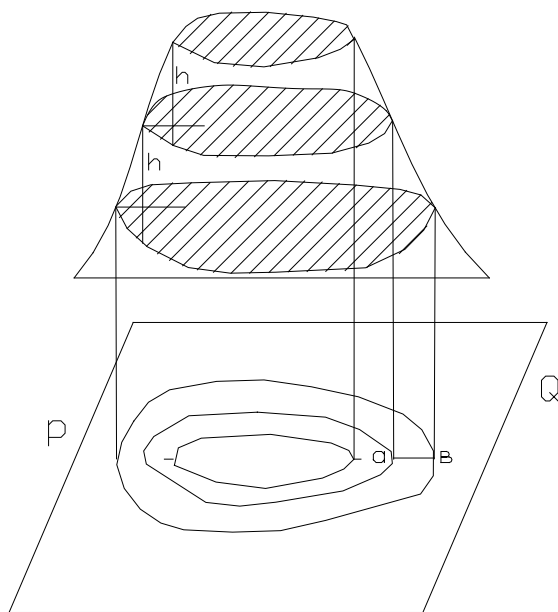


Рис.3.8

планируемую территорию. Для этого нужно иметь план с изображением рельефа. Существуют различные способы изображения рельефа на планах и картах. Наиболее удобным является принятый в настоящее время способ изображения рельефа на топографических картах и планах - способ горизонталей. Сущность этого способа заключается в следующем. Поверхность участка Земли через равные промежутки h мысленно рассекают горизонтальными плоскостями (рис. 3.8). Пересечения этих плоскостей с поверхностью Земли образуют кривые линии, которые называются горизонталями.

Другими словами, горизонталь - это замкнутая линия, соединяющая точки земной поверхности с одинаковыми высотами. Полученные горизонтали проектируют на горизонтальную плоскость P , а затем наносят на план или карту в соответствующем масштабе. Расстояние между соединенными горизонталями в плане ab (рис.3.8) называется заложением.

Чем больше заложение, тем меньше крутизна ската и наоборот. Для того, чтобы на плане отличить гору от котловины, к некоторым горизонталям по направлению ската ставят черточки, называемые берг-штрихами. Кроме того, надписи на горизонталях, указывающие на отметки, делаются так, чтобы верх цифры всегда был направлен в сторону возвышения. Расстояние между секущими плоскостями h (рис.3.8) называется высотой сечения. Для данного листа плана или карты это величина постоянная. Чем меньше высота сечения, тем подробнее будет изображен рельеф. Но при слишком малой высоте сечения горизонтали могут слиться и пользоваться таким планом или картой будет нельзя. Поэтому за нормальную высоту сечения берут величину, которая соответствует 0,2 мм в масштабе плана. Например, при масштабе 1:5000 нормальная высота сечения будет равна 1 м. Эта высота сечения может быть изменена в ту или иную сторону в зависимости от характера рельефа. Так, для равнинных районов она может быть уменьшена, а для горных - увеличена. Если при данной высоте сечения изменения рельефа не улавливаются горизонталями, то применяют дополнительные горизонтали с половиной высотой сечения, называемые полугоризонталями, которые проводят-

ся пунктиром. Изображение основных форм рельефа горизонталями показано на рис.3.9.

Горизонтали на плане или карте вычерчиваются цветом жженой сиены. Для удобства чтения карты некоторые горизонтали утолщают. При высоте сечения рельефа 1,2 и 5 м утолщается каждая пятая горизонталь с отметками, кратными 5, 10 и 25 м соответственно. При высоте сечения 0,25, 0,5 и 2,5 м утолщается каждая четвертая горизонталь с отметками, кратными 1,2 и 10м.

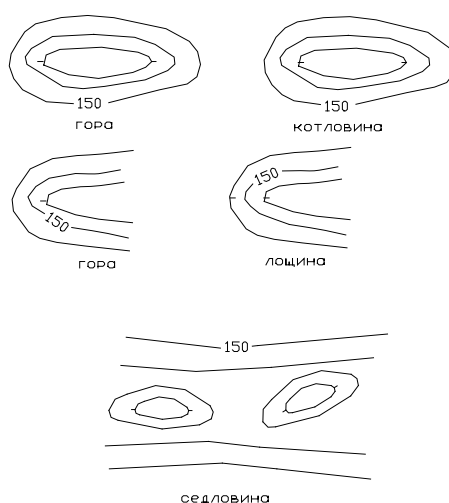


Рис.3.9

3.5. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ И КАРТ

Для обозначения на планах и картах различных предметов и контуров местности применяются условные знаки. Условные знаки делятся на масштабные и внемасштабные. Масштабными или контурными называются такие знаки, которыми предметы местности изображаются с соблюдением масштаба данной карты или плана. Например, леса, луга, пашни, озера и т.п.

Если предмет в данном масштабе не может быть выражен контурным знаком вследствие своей малости, то применяется условный знак, который называется внемасштабным. Примером таких знаков могут являться условные знаки, обозначающие километровые столбы, указатели дорог, колодцы, геодезические пункты и т.д. Кроме того, существуют пояснительные услов-

ные знаки, которые служат дополнением к контурным условным знакам. Например, знаки деревьев, помещенные внутри контура леса; стрелки показывающие направление течения реки и т.д. Условные знаки топографических карт и планов различных масштабов, обязательные для всех ведомств и учреждений СССР, утверждаются Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР и издаются в виде специальных таблиц.

ЛЕКЦИЯ № 4

4. РЕШЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ НА КАРТЕ.

При проектировании планировки и застройки городов, поселков, промышленных предприятий и т.п. приходится решать ряд различных задач по топографическому плану или карте: определение географических и прямоугольных координат точки, определение длины, дирекционного угла, истинного или магнитного азимута линии, отметки точки, крутизны ската и другие задачи.

Географические координаты любой точки могут быть определены по топографической карте. На каждом листе такой карты подписаны широты и долготы углов рамок листа. Кроме того, рамки как по широте, так и по долготе разбиты на минутные деления, которые, в свою очередь, разделены на десятки секунд, обозначенные точками. Для получения географических координат точки P (рис.4.1.) определяют по карте с помощью циркуля и линейного или поперечного масштаба отрезки m и n в метрах от этой точки соответственно до параллели $54^{\circ}41'$ и до меридиана $18^{\circ}05'$, проведенных через концы минутных делений, а затем вычисляют эти же отрезки в угловой мере по формулам:

$$\Delta\varphi = \frac{60}{1855} \times m = \frac{60}{1855} \times 555 = 10; \quad 4.1$$

$$\Delta\lambda = \frac{60}{11075} \times n = \frac{60}{11075} \times 429 = 24; \quad 4.2$$

где 1855 и 1075 - длины минутных делений соответственно по широте и долготе в метрах, взятые с карты.

$$m = 555 \text{ м} ; n = 429 \text{ м}.$$

Тогда географические координаты точки P будут равны:

$$\varphi = 54^{\circ}41' + 18'' == 54^{\circ}41' 18''$$

$$\lambda = 18^{\circ}05' + 24'' == 18^{\circ}05' 24''$$

Определять широту и долготу точки можно и несколько иначе. Проводят через точку P истинный меридиан и, пользуясь минутной рамкой карты, считают, сколько минут и секунд заключено между западной рамкой карты и этим меридианом, оценивая секунды на глаз. Полученное число секунд и минут прибавляют к долготе западной рамки. Для получения широты, аналогично, через точку P проводят параллель, считают число минут и секунд, заключенное между южной рамкой и этой параллелью и полученное число минут и секунд прибавляют к широте южной рамки.

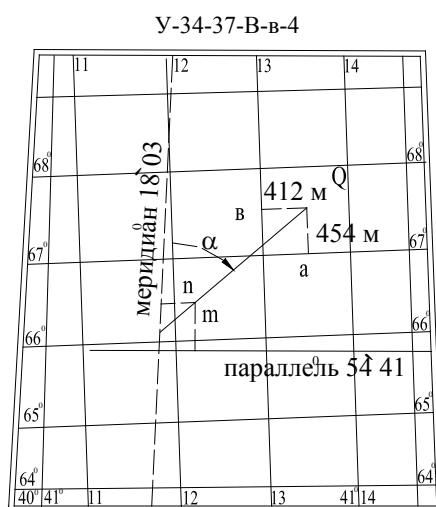


Рис.4.1

Для определения прямоугольных координат точки по плану или карте пользуются километровой (координатной) сеткой, линии которой параллельны и перпендикулярны осевому меридиану зоны. Координаты вершин квадратов километровой сетки даны в зональной системе и подписаны на карте; например, запись 6065 означает, что абсцисса $X = 6065$ км от экватора, запись 4311 означает, что ордината $Y = 311$ км, цифра 4 указывает номер ше-

стиградусной зоны. Расстояния от линии сетки до точки по оси абсцисс и оси ординат измеряются с помощью измерителя и масштабной линейки в масштабе данного листа плана или карты.

Например, прямоугольные координаты точки Q (рис. 4.1) будут:

$$X = 6067454\text{м}; \quad Y = 4313412 \text{ м.}$$

Длины отрезков прямых линий между заданными точками на плане или карте измеряются с помощью циркуля и линейного или поперечного масштаба.

Дирекционный угол любой линии на плане или карте может быть определен непосредственным измерением угла между северным направлением вертикальной линии километровой сетки и данной линией с помощью транспортира.

Истинный азимут линии измеряется от северного конца истинного меридиана, проведенного через начало этой линии, до ее направления (угол A, рис. 4.1). Кроме того, истинный азимут может быть вычислен по формуле:

$$A_{\text{и}} = \alpha \pm \gamma \quad 4.3$$

где γ - сближение меридианов.

Для листов карт, расположенных к востоку от осевого меридиана, γ прибавляется к дирекционному углу, к западу - вычитается. Для того, чтобы найти магнитный азимут линии, необходимо знать величину и название склонение магнитной стрелки, тогда

$$A_{\text{м}} = A_{\text{и}} - \delta_{\text{вост}}; \quad A_{\text{м}} = A_{\text{и}} + \delta_{\text{зап}}; \quad 4.4$$

Значения углов γ и δ (рис.4.2) приводятся под южной рамкой карты.

Отметка любой точки может быть определена относительно горизонталей. Если точка расположена непосредственно на горизонтали, то ее отметка будет равна отметке этой горизонтали. При положении точки между горизонталями, через точку проводят прямую, нормальную к горизонталям и измеряют расстояние от младшей горизонтали до точки и заложение (рис.4.3).

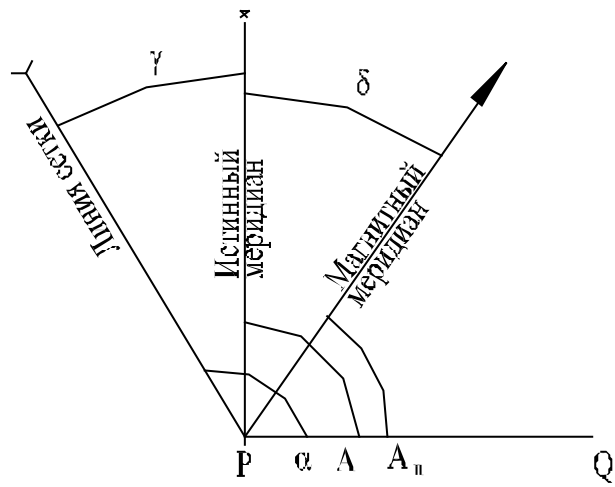


Рис.4.2

Тогда отметка точки будет равна

$$H_c = H_a + \frac{e}{d} h, \quad 4.5$$

где H_a - отметка младшей горизонтали,

h - высота сечения горизонталей.

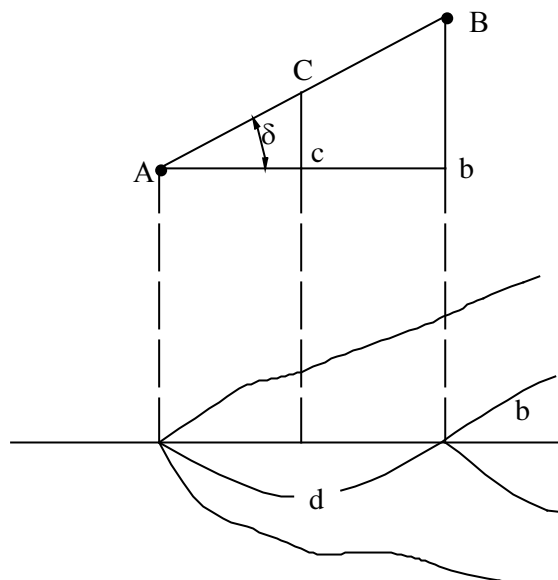


Рис.4.3

Крутизна ската линия местности характеризуется ее уклоном, который вычисляется по формуле 4.6:

$$u = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d} \quad 4.6.$$

Для определения крутизны ската можно воспользоваться специальным графиком, называемым графиком заложений. При построении такого графика берут прямую линию и делят ее на ряд равных отрезков произвольной длины. Задаваясь углами наклона, существующими в пределах данного листа плана или карты, вычисляют соответствующие им заложения по формуле 4.7

$$d = h \times \operatorname{ctg} v \quad 4.7$$

и откладывают их в масштабе карты перпендикулярно к взятой линии. Концы полученных отрезков соединяют плавной кривой (рис. 4.4). Для определения угла наклона по такому графику измерителем снимают с карты расстояние между соседними горизонталями по заданному направлению. Приложив ножку циркуля к горизонтальной прямой, находят пересечение второй ножки с кривой и по оцифровке горизонтальной линии находят угол наклона. (На рис. 4.4 угол наклона $v = 1^\circ 30'$).

График заложений может быть построен также для уклонов.

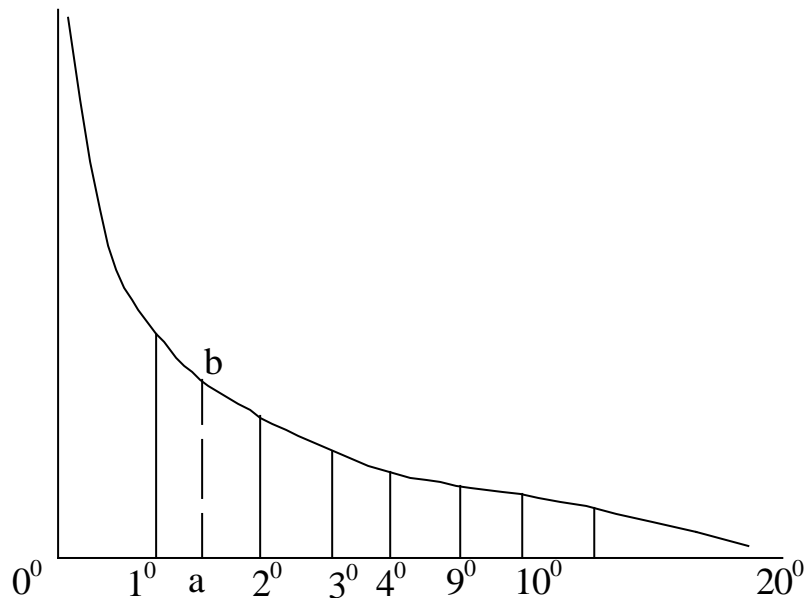


Рис.4.4

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Азимут, 14

Б

Берг-штрих, 30

В

Вершина,, 28

Высота сечения., 30

Высшая геодезия, 4

Г

Географические координаты, 8

Геодезия, 4

Геоид, 6

Гора, 28

Горизонталь., 29

График заложений, 35

Д

Дирекционный угол, 15

Долгота, 9

З

Заложение, 30

И

Инженерная геодезия, 4

К

Карта, 20

Картографическая сетка, 20

Картография, 5

Карты топографические
контурные

ситуационные, 20

Координаты

астрономические

геодезические, 10

Координаты плоские

прямоугольные, 11

Космическая геодезия, 5

Котловина, 28

Крутизна ската, 35

Л

Лощина, 28

М

Масштаб, 20

линейный, 21

поперечный, 22

Меридиан, 9

Морская геодезия, 5

Н

Нменклатура, 23

О

Осевой меридиан, 11

Основание масштаба, 21

П

Параллель., 9

Плоскость меридиана, 9

Плоскость экватора, 9

Полуденные линии, 15

Р

Равнина, 29

Радиогеодезия, 5

Рельеф, 28

Румб, 16

С

Сближение меридианов, 14

Седловина, 28

Сфероидом, 6

У

Уровенная поверхность, 5

Условные знаки, 31

Ф

Фототопография, 5

Х

холм, 28
Хребет, 28

Ш

Широта, 9