

Лекция 1. Общие сведения из геодезии.

1.1. Предмет и задачи геодезии. Связь с другими дисциплинами.

Геодезия - наука, изучающая форму и размеры Земли, геодезические приборы, способы измерений и изображений земной поверхности на планах, картах, профилях и цифровых моделях местности.

Геодезия одна из древнейших наук, возникла с началом земледелия и её название образовано из двух греческих слов - "гео" - "земля" и "де" - "разделяю" (землеразделение).

По разнообразию решаемых народнохозяйственных задач геодезия подразделяется на ряд самостоятельных дисциплин, каждая из которых имеет свой **предмет** изучения:

Высшая геодезия, занимается определением фигуры, размеров, гравитационного поля Земли.

Топография ("топос" - место, "граф" - пишу), занимается детальным изучением конкретных участков Земли (земной поверхности), путём создания топографических карт на основе съёмочных работ (наземные, воздушные).

Фотограмметрия занимается обработкой фото-, аэрофото- и космических снимков для составления карт и планов

Спутниковая геодезия, (космическая), в её задачи входит рассмотрение теории и методов использования спутников Земли для решения различных практических задач геодезии.

Картография, это наука о картографическом отображении земной поверхности, о методах создания карт и их использовании.

Маркшейдерия - область геодезии, обслуживающая горнодобывающую промышленность и строительство тоннелей.

Инженерная геодезия, изучает методы, технику и организацию геодезических работ, связанных с проведением различных инженерных организаций (строительство, мелиорация, рекультивация).

Задачи геодезии подразделяются на **научные** и **практические**.

К научным задачам геодезии можно отнести:

1) определение формы и размеров Земли и планет солнечной системы;

2) изучение современных горизонтальных и вертикальных движений земной коры.

Практические задачи геодезии:

1) создание планов и карт на территории страны для нужд народного хозяйства и обороны;

2) изыскания для строительства инженерных сооружений;

3) контроль геодезических работ при строительстве объектов.

Для решения научных и практических задач геодезия использует следующие **методы:**

1) линейные и угловые измерения на местности;

2) математическая обработка результатов измерений;

3) методы графических построений и оформления карт, планов, профилей;

4) использование результатов измерений и графических построений при решении задач народного хозяйства и обороны страны.

Методы решения научных и практических задач геодезии основываются на законах математики и физики. Геодезия связана также с астрономией, геологией, геофизикой, геоморфологией, географией и другими науками. Исключительное значение имеет геодезия для обороны страны. Велика роль геодезии в лесном хозяйстве. При проведении лесоустроительных работ необходимы карты и планы, материалы аэрофотосъемки.

1.2. Понятие о форме и размерах Земли. Геоид. Эллипсоид. Референц-эллипсоид Красовского.

Физическая поверхность Земли состоит из поверхности суши 29,4% и из водной поверхности, рассматриваемой, в спокойном состоянии 70,6%.

Земля не является правильным геометрическим телом. Ее поверхность и в особенности поверхность суши очень сложная (рис.1), и ее невозможно выразить какой-либо математической формулой.

Представление о фигуре Земли в целом можно получить, вообразив, что вся планета ограничена мысленно продолженной поверхностью океанов в спокойном состоянии. Такая замкнутая поверхность в каждой своей точке перпендикулярна к отвесной линии, т. е. к направлению действия силы тяжести. Её называют *уровенной поверхностью*.

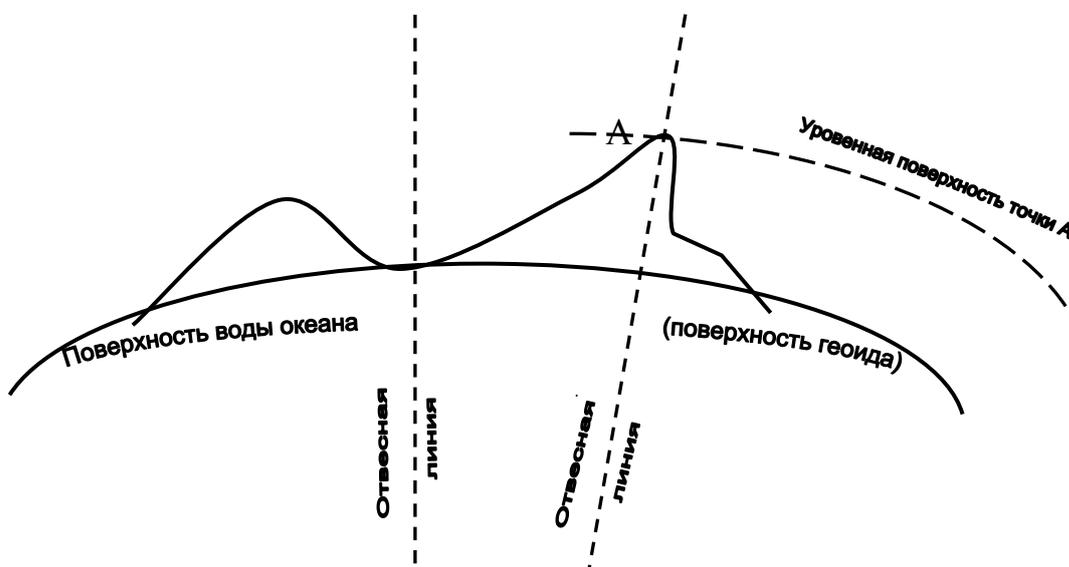


Рис.1

Уровенной поверхностью называют выпуклую поверхность перпендикулярную к направлению силы тяжести (отвесной линии).

Уровенных поверхностей, огибающих Землю, можно вообразить множество. Та из них, что совпадает со средним уровнем воды Мирового океана, мысленно продолженная под сушей, называется **поверхностью геоида**, а тело ограниченное ею – **геоидом**.

За математическую поверхность Земли принято считать уровенную поверхность, в каждой точке которой направление отвесной линии (сила тяжести) и нормаль совпадают.

Из-за неравномерного распределения масс внутри Земли геоид не имеет правильной геометрической формы и его поверхность не может быть выражена математически, поэтому для практических расчетов ее заменяют

более простыми геометрическими моделями. Из них ближе всего к геоиду подходит **сфероид** или **эллипсоид вращения**, получаемый вращением эллипса вокруг его малой (полярной) оси (рис.2).

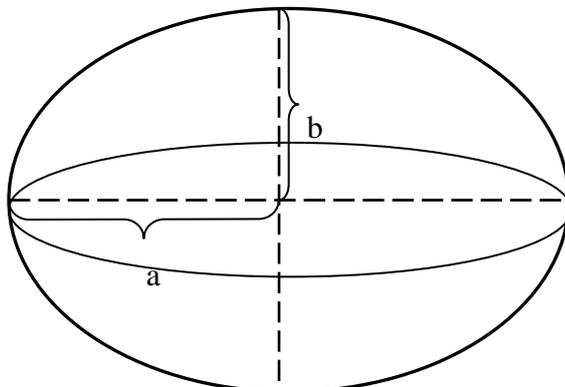


Рис.2

Размеры эллипсоида характеризуются длинами его большой полуоси **a** и малой полуоси **b**, а также сжатием α , определяемым по формуле:

$$\alpha = \frac{a - b}{a}.$$

На протяжении двух последних столетий ученые неоднократно определяли размеры земного эллипсоида. Математическая модель Земли, наиболее удачная, была предложена в 1946 г. *проф. Красовским* в виде **референц-эллипсоида**.

Большая полуось $a = 6\,378\,245$ м;

Малая полуось $b = 6\,356\,863$ м.

Сжатие $\alpha = 1:298,3 = 0,0033523299$.

Эллипсоид Красовского - фигура, полученная вращением эллипса вокруг его малой оси. Земля сплюснута у полюсов под действием центробежной силы, возникающей при вращении земли вокруг своей оси.

В практических расчетах Землю принимают за шар со средним радиусом $R = 6371,11$ км. Небольшой участок поверхности Земли практически можно считать горизонтальной плоскостью, более крупный участок - как часть сферы.

В России за уровенную поверхность принята Балтийская система высот, отсчитываемая от уровня Балтийского моря (Кронштадский футшток).

1.3. Влияние кривизны Земли при определении горизонтальных расстояний и высот.

Искажение расстояний. Небольшой участок сфероидической поверхности при определенных условиях можно принять за плоскость. Применение модели плоской поверхности при решении геодезических задач возможно лишь для небольших участков поверхности земли, когда искажения, вызванные заменой поверхности сферы или эллипсоида плоскостью невелики и могут быть вычислены по простым формулам. Это тем более оправданно, если учесть, что измерения на местности и чертежные работы всегда выполняются с ошибками, а потому небольшую часть сферы (эллипсоида), отличающуюся от плоскости на величину меньшую ошибок измерений, можно считать плоской.

Рассчитаем какое искажение получит дуга окружности, если заменить ее отрезком касательной к этой дуге. На рис.3 точка O – центр окружности, дуга ABC радиусом R стягивает центральный угол ε . Проведем касательную через середину дуги в точке B и, продолжив радиусы OA и OC до пересечения с касательной, получим точку A' и C' .

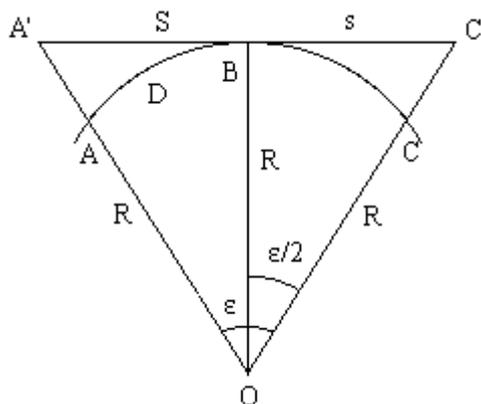


Рис.3

Пусть дуга ABC имеет длину D , а отрезок касательной $A'C'$ - длину S . Известно, что для окружности $D=R*\varepsilon$, причем угол ε выражен в радианах. Из треугольника $OB'C'$ имеем:

$$S/2=R*\text{tg}(\varepsilon/2) \quad \text{или} \quad S = 2 R \text{tg}(\varepsilon/2) \quad (1)$$

Разность $(S-D)$ обозначим через ΔD и запишем

$$\Delta D=R*[2*\text{tg}(\varepsilon/2)- \varepsilon] \quad (2)$$

Разложим $\text{tg}(\varepsilon/2)$ в ряд ограничившись в виду малости угла $\varepsilon/2$ двумя членами разложения.

$$\text{tg}(\varepsilon/2) = \varepsilon/2 + 1/3 * (\varepsilon/2)^3$$

Или

$$\text{tg}(\varepsilon/2) = \varepsilon/2 + \varepsilon^3 / 24$$

Подставим это выражение в формулу (2) и получим

$$\Delta D = R * \varepsilon^3 / 12$$

Но $\varepsilon = D/R$, поэтому

$$\Delta D = D^3 / (12 * R^2)$$

Отношение $\Delta D/D$ называется относительным искажением длины дуги при замене ее отрезком касательной, оно будет равно

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{12 * R^2}$$

Подсчитаем конкретные значения относительного искажения для разных длин дуги D . При $R=6400$ км $D=20$ км $\Delta D/D=1/1\,218\,000$, при $D=30$ км $\Delta D/D=1/541\,000$ и т.д.

Достигнутая точность измерения расстояний показывает превышение 1 000 000, поэтому при геодезических работах любой точности участок сферы 20 на 20 км² можно считать плоским. При работах пониженной точности размеры участка сферы, принимаемого за плоскость, можно увеличить.

Искажение высот точек. Если заменить небольшой участок сферы касательной плоскостью, то будут искажены не только длины линий, но и отметки точек. Изменение отметок симметрично относительно точки B и зависит от удаленности от этой точки; обозначим отрезок BC' , равный половине отрезка $A'C'$, через s . Отметка точки C' , находящейся на плоскости, отличается от отметки точки C , лежащей на сфере, на величину отрезка $CC'=p$ (рис.3). Из треугольника OBC следует:

$$R^2 + s^2 = (R + p)^2,$$

$$p = \frac{s^2}{2 * R + p}$$

Откуда получаем:

В знаменателе величина p намного меньше величины $2 * R$, поэтому отбросив ее мы допустим несущественную ошибку, таким образом.

$$p = \frac{s^2}{2 * R}$$

Влияние кривизны земли на отметки точек нужно учитывать при любых расстояниях между точками. Например, при $s=10$ км $p=7,8$ м, а при $s=100$ м $p=0,8$ мм.

1.4. Элементы измерений на местности.

На картах, планах, профилях изображают контуры различных объектов местности: землепользования, сельскохозяйственные угодия, берега рек, морей, каналов, дорог и др. Чтобы нанести контур на карту, план или профиль, выбирают характерные точки определяют их взаимное положение, наносят на карту, план или профиль. После чего соединяют прямыми линиями. При этом всегда руководствуются *основным принципом геодезии – от общего к частному*. Состоящего в том, чтобы вместо большого количества точек, выбирают несколько основных точек, определяют положение одной относительно другой, а затем относительно основных точек определяют положение характерных контурных точек, наносят их на карту, план, профиль с таким расчетом, чтобы можно было с требуемой детальностью изобразить все интересующие объекты местности.

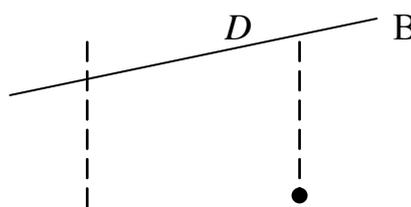
Взаимное положение точек местности определяют *измерением линий (расстояний)* между точками и *углов* между направлениями линий, соединяющих точки.

Взаимное положение точек A и B на местности определяют измерением расстояния AB (рис.4), которое затем проектируют нормальми на поверхность эллипсоида. В проекции получается кривая A_1B_1 , которая используется для составления карты.



Рис.4

При выполнении геодезических работ на небольшой территории, когда часть урвонной поверхности можно принять за плоскость, т.е. не учитывать кривизну Земли, линию местности проектируют ортогонально на горизонтальную плоскость, т.е. на плоскость перпендикулярную к отвесной линии (рис.5).



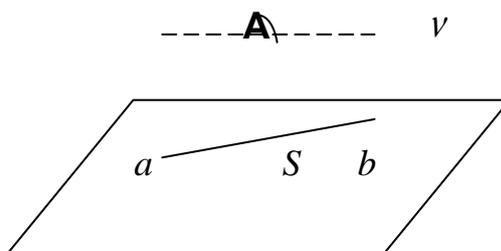


Рис.5

В проекции получается прямая ab , называемая **горизонтальным проложением** линии AB .

Таким образом, **горизонтальным проложением называют проекцию линии на горизонтальную плоскость.**

Исходя из допустимой погрешности 1/1 000 000 при измерении линейных расстояний выясняем, что без искажения мы можем проектировать на гориз. поверхность плана или карты участок земной поверхности $R=10\text{км}$ или $D=20\text{км}$. Если проектируется участок больших размеров, то вводятся поправки на искажения по соответствующим формулам. При измерении высоты допустимая погрешность $\Delta h=5\text{см}$. Исходя из этого без учёта высотных искажений можно проектировать на горизонтальную плоскость участки $R=0,8\text{км}$.

Когда говорят об измерении углов на местности, то имеют в виду **горизонтальные углы** и **углы наклона**.

Горизонтальным углом называется угол, заключенный между проекциями линий местности на горизонтальную плоскость.

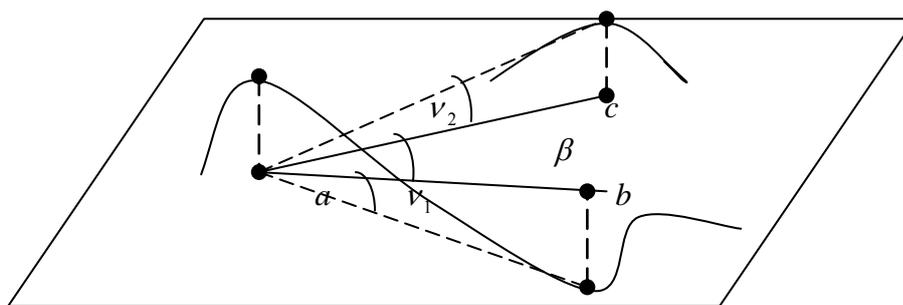


Рис. 6

Углом наклона называется угол, заключенный между линией местности и горизонтальной плоскостью.

Угол V_1 , расположенный ниже горизонтальной плоскости называется **отрицательным углом наклона** и перед числовым значением его ставят знак минус, а угол V_2 , расположенный над горизонтальной плоскостью, называют **положительным углом наклона**.

Измерив длину линии на местности $AB=D$ и угол наклона v , горизонтальное проложение $ab=s$ вычисляют по формуле

$$s = D \cos \nu \quad (1)$$

Вместо вычисления s по этой формуле можно в результате измерения D ввести поправку ΔD за наклон линии к горизонту, которая показывает во сколько раз катет s короче гипотенузы D . Поэтому

$$s = D - \Delta D \quad (2)$$

Отсюда следует, что

$$\Delta D = D - s \quad (3)$$

подставив в это равенство значение s из (1) получим поправку за наклон линии к горизонту.

$$\Delta D = D - D \cos \nu = D(1 - \cos \nu)$$

или

$$\Delta D = 2D \sin^2(\nu/2).$$