

Задание на 7.02.22: Изучаем материал лекции.

Работаем по расписанию

Лекция 1

ВВЕДЕНИЕ

Геодезия – наука об определении формы и размеров Земли, об измерениях на земной поверхности, вычислительной обработке их для построения карт, планов, профилей и для решения инженерных, экономических и других задач.

Геодезия (в переводе с греческого «землеразделение») возникла в глубокой древности и развивалась с ростом потребностей человека в жилье, делении земельных массивов, изучении природных богатств и их освоении.

Научными задачами геодезии являются:

- установление систем координат;
- определение формы и размеров Земли и ее внешнего гравитационного поля и их изменений во времени;
- проведение геодинимических исследований (определение горизонтальных и вертикальных деформаций земной коры, движений земных полюсов, перемещений береговых линий морей и океанов и др.).

Научно-технические задачи геодезии в обобщенном виде заключаются в следующем:

- определение положения точек в выбранной системе координат;

- составление карт и планов местности разного назначения;
- обеспечение топографо-геодезическими данными нужд обороны страны;
- выполнение геодезических измерений для целей проектирования и строительства, землепользования, кадастра, исследования природных ресурсов и др.

Применение геодезических приборов, методов и техники для изысканий и строительства новых или реконструкции и эксплуатации существующих инженерных сооружений, а также для установки и монтажа сложного оборудования промышленных предприятий составляет *предмет* геодезии.

ГЛАВА 1. ЗАДАЧИ ГЕОДЕЗИИ, ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ. ПРИНЦИПЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПЛОСКОСТИ. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ГЕОДЕЗИИ

1.1. Задачи геодезии

В геодезии, как в науке, в зависимости от решаемых задач выделяется ряд дисциплин. Задачей определения фигуры (формы) и размеров Земли, а также вопросами создания высокоточных геодезических опорных сетей занимается *высшая геодезия*. Вопросы, связанные с изображением сравнительно небольших частей земной поверхности в виде планов и профилей, решает *топография (в строительстве - инженерная геодезия)*. Созданием сплошных изображений значительных территорий в виде карт занимается *картография*. *Аэрогеодезия, космогеодезия, гидрография, маркшейдерия (подземная геодезия)* также являются научными направлениями в геодезии. В задачи геодезии, которые она решает для горной промышленности, входят: топографическая съемка территорий, перенесение в натуру проектов объектов горного производства, зданий и сооружений, различные измерения на отдельных стадиях строительства и, наконец, определение

деформаций и сдвигов в процессе разработки месторождений полезных ископаемых.

Решение этих задач осуществляется путем:

1. Измерения линий и углов на поверхности земли, под землей (в шахтах и туннелях), над землей при аэрофотосъемке (АФС) и космической съемке, под водой – для составления планов, профилей и специальных целей.

2. Вычислительной обработки результатов измерений.

3. Графических построений и оформления карт, планов и профилей.

Проектирование объектов горного производства требует широкого использования геодезических методов. Горный инженер должен уметь самостоятельно выполнять геодезические измерения на местности с помощью теодолита, нивелира и других приборов. Составленные, по результатам этих измерений: планы, карты, профили, позволяют контролировать ход горных работ. В настоящее время в результате внедрения современных технологий решение многих задач может быть почти полностью автоматизировано.

Геодезия тесно связана с математикой, астрономией, географией, геологией, геоморфологией, механикой, оптикой, электроникой, черчением и рисованием.

1.2. Исторический очерк

Геодезия возникла за несколько тысячелетий до н.э. в Египте, Китае, Греции и Индии. Пирамиды, каналы, дворцы – возведение этих объектов стало возможным только при разработанных приемах

геодезических измерений. Можно выделить следующие основные вехи в развитии геодезии, в том числе и в России:

В III в. до н.э. – впервые была осуществлена попытка определения величины земного радиуса египетским математиком и географом Эратосфеном.

Первые исторические сведения о геодезических работах на Руси появились в XI в. н.э. Об этом свидетельствует Тьмутараканский камень, на котором сохранилась надпись, что князь Глеб в 1068 г. измерил расстояние в 20 верст между Керчью и Таманью по льду.

В XVI в. создается одна из первых карт Московского государства «Большой Чертеж». В XVII в. выходит первая русская печатная карта, составленная С.Е. Ремезовым «Чертеж Сибирской земли».

Бурное развитие геодезические работы получили в XVII в. после изобретения Галилеем зрительной трубы, что привело к появлению первых геодезических приборов нивелиров, а несколько позже теодолитов. В 1739 г. был учрежден Географический Департамент Петербургской Академии Наук, которым в 1758-1763 гг. руководил М. В. Ломоносов. Французский ученый Деламбер в 1800 г. определил размеры земного эллипсоида и предложил в качестве измерения длины 1 м равный $1 : 10\,000\,000$ части парижского меридиана. В 1822 г. был основан корпус русских военных топографов.

В XIX в. проводятся геодезические работы по построению геодезических сетей и градусные измерения по меридиану. Большие геодезические работы, проведенные при генеральном межевании после отмены крепостного права в 1861 г. завершились изготовлением генеральных уездных планов и губернских атласов.

После революции 15.03.1919 г. Совет Народных Комиссаров учреждает Высшее геодезическое управление. С 1927 г. начинает использоваться аэрофотосъемка. В начале 60-х годов XX-го века появляется космическая съемка. За советский период вся территории страны была покрыта геодезической съемкой разных масштабов вплоть до 1:25 000. В 90-е годы XX-го в. в геодезии начали широко внедряться новые компьютерные технологии на всех этапах геодезических работ.

В настоящее время все геодезические работы выполняются в соответствии с Федеральным законом о геодезии и картографии принятым 22.11.95 , «Положением о государственном геодезическом надзоре за геодезической и картографической деятельностью» от 28.03.00 за № 273 и «Положением о лицензировании топографо-геодезической и картографической деятельности в Российской Федерации»» принятом Правительством Российской Федерации 26.08.95 № 847.

1.3. Форма и размеры Земли

Земля не является правильным геометрическим телом, её физическая поверхность, особенно поверхность суши сложная. Сведения о форме и размерах Земли используются во многих отраслях знаний. Физическая поверхность Земли имеет общую площадь 510 млн. км² , из которых 71 % приходится на долю мирового океана и 29 % на сушу. Средняя высота суши 875 м, средняя глубина океана 3800 м.

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.

Основной урoвненной поверхностью или поверхностью *геоида* называется та, которая совпадает со средним уровнем воды океанов в спокойном состоянии. Из-за неравномерного распределения масс внутри Земли геоид не имеет правильной геометрической формы (рис.1.1) и его поверхность не может быть выражена математически.

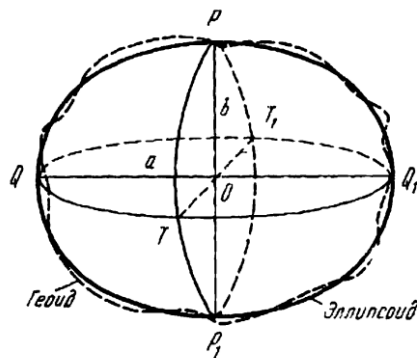


Рис. 1.1. Земной эллипсоид и геоид

Однако поверхность геоида ближе всего подходит к математической поверхности эллипсоида вращения, получающегося от вращения эллипса PQ_1P_1Q вокруг малой оси PP_1 . Поэтому практически при геодезических и картографических работах поверхность геоида заменяют поверхностью эллипсоида вращения, называемого также сфероидом.

Линии пересечения поверхности сфероида плоскостями, проходящими через ось вращения, называются меридианами и представляются на сфероиде эллипсами. Линии пересечения сфероида плоскостями перпендикулярными к оси вращения являются

окружностями и называются параллелями. Параллель, плоскость которой проходит через центр сфероида называется экватором. Линии $OQ = a$ и $OP = b$ называют большой и малой полуосями сфероида (a – радиус экватора, b – полуось вращения Земли). Размеры земного сфероида определяются длинами этих полуосей. Величина $\alpha = (a-b)/a$ называется сжатием сфероида.

Изучение фигуры математической поверхности Земли сводится к определению размеров полуосей и величины сжатия эллипсоида, наилучшим образом подходящего к геоиду и правильно расположенных в теле Земли. Такой эллипсоид называют референц-эллипсоидом. С 1946 г. для геодезических и картографических работ в СССР приняты размеры земного эллипсоида Ф. Н. Красовского:

$$a = 6\,378\,245 \text{ м}, b = 6\,356\,863 \text{ м}, a-b \approx 21 \text{ км}, \alpha = 1:298,3.$$

Величину сжатия можно оценить, представив глобус с большой полуосью $a = 300$ мм, в таком случае разность $a-b$ для такого глобуса составит всего 1 мм. Сжатие эллипсоида Красовского подтверждается выводами из результатов наблюдений за движением искусственных спутников Земли.

При приближенных расчетах поверхность эллипсоида принимается за поверхность шара (равновеликого по объему земному эллипсоиду) с радиусом 6371.1 км. Для небольших участков земной поверхности радиусом до 20 км поверхность эллипсоида принимают за плоскость.

1.4. Влияние кривизны Земли на измеряемые расстояния и высоты точек

При геодезических работах, выполняемых на небольших по площади участках местности, уровенную поверхность принимают за горизонтальную плоскость. Такая замена влечет за собой некоторые искажения в длинах линий и высотах точек.

Рассмотрим при каких размерах участка этими искажениями можно пренебречь. Допустим, что уровенная поверхность является поверхностью шара радиуса R (рис.1.2). Заменим участок шара $A_0B_0C_0$ горизонтальной плоскостью ABC , касающейся шара в центре участка в точке B . Длина отрезка $BC=l$, а длина дуги r , соответственно разность $Dr=r-l$ будет погрешностью при замене криволинейной поверхности горизонтальной плоскостью.

Учитывая реальную точность с которой производят измерения на местности при геодезических работах, можно считать, что на участках радиусом 20-25 км погрешность от замены уровенной поверхности плоскостью не имеет практического значения.

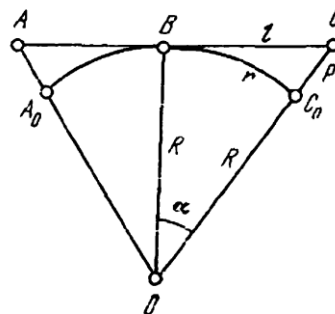


Рис.1.2. Влияние кривизны Земли на измеряемые расстояния

Иначе обстоит дело с влиянием кривизны Земли на высоты точек. Из прямоугольного треугольника OBC

$$R^2 + l^2 = (R + p)^2 = R^2 + 2Rp + p^2,$$

откуда

$$l^2 = 2Rp + p^2 = p(2R + p),$$

где p – отрезок отвесной линии CC_0 , выражающий влияние кривизны Земли на высоты точки C .

$$p = l^2 / (2R + p),$$

а так как полученное значение p очень мало, по сравнению с R , то в знаменателе полученной формулы этой величиной можно пренебречь.

Тогда получим

$$p = l^2 / 2R.$$

Для различных расстояний l определим поправки в высоты точек местности, значения которых представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Погрешности измерений высот точек на разных расстояниях

l , км	0,3	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0
p , м	0,01	0,02	0,08	0,31	1,96	7,85	33,40

Таким образом, влияние кривизны Земли на высоты точек сказывается уже на расстоянии в 0,3 км, что необходимо учитывать при производстве геодезических работ.

1.5. Принципы изображения земной поверхности на плоскости

Одна из задач геодезии – создание графических изображений земной поверхности. Для решения этой задачи используют метод ортогонального проектирования. Сущность метода состоит в том, что все точки физической поверхности Земли (A, B, C, D) проектируют на поверхность земного эллипсоида, проводя через них отвесные линии до пресечения с уровенной поверхностью P_0 (рис. 1.3). В пересечении получают точки a, b, c, d , которые называются горизонтальными проекциями соответствующих точек местности.

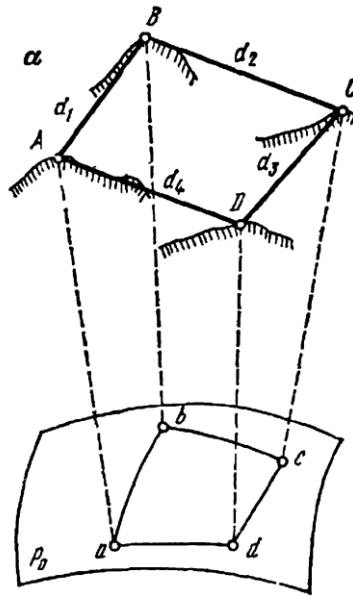


Рис. 1.3. Проектирование точек местности на уровенную поверхность

Таким образом, каждой линии на земной поверхности соответствует ее горизонтальная проекция на уровенной поверхности. Фигура, обозначенная точками a, b, c, d – проекция четырехугольника $ABCD$ на земной поверхности. Так как уровенная поверхность кривая, то проектирующие отвесные линии не параллельны друг другу. Чтобы можно было судить о форме пространственной фигуры $ABCD$ по ее проекции $abcd$ необходимо знать расстояния Aa, Bb, Cc, Dd от точек местности до уровенной поверхности. Эти расстояния называют *высотами точек местности*.

Изображая небольшой участок местности, кривую уровенную поверхность P_0 , заменяют горизонтальной плоскостью P (рис 1.4), касающейся поверхности P_0 в центре данного участка.

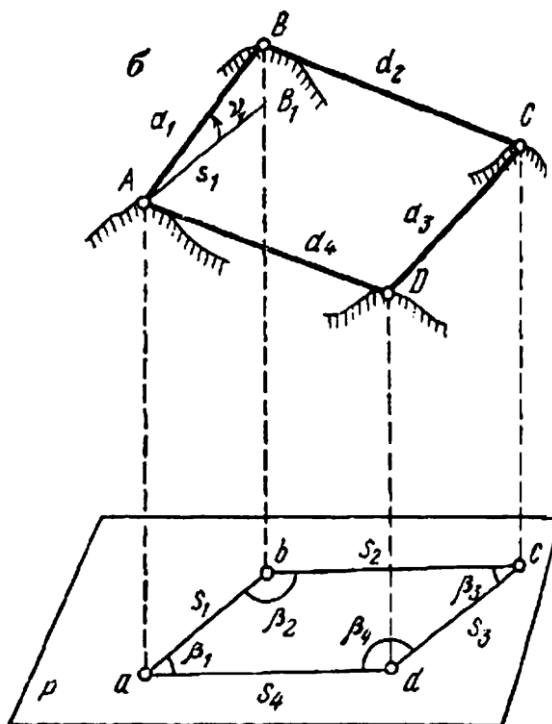


Рис. 1.4. Проектирование точек местности на горизонтальную плоскость

Проектирующие отвесные линии Aa , Bb , Cc , Dd ; перпендикулярные к горизонтальной плоскости P будут параллельны между собой. Стороны ab , bc , cd , da и углы между ними β_1 , β_2 , β_3 , β_4 являются горизонтальными проекциями на плоскость P соответствующих линий и углов местности. Горизонтальные проекции линий местности называются *горизонтальными проложениями*.

Вертикальное расстояние от урovenной поверхности, проходящей через точку местности до исходной урovenной поверхности принятой за начало отсчета, называется *абсолютной* (геодезической) высотой данной точки, а её числовое значение *отметкой*. Когда урovenная поверхность выбрана произвольно отметки являются условными и соответственно высоты точек

условны. Если отметки определены относительно уровенной поверхности океана – отметки абсолютные. За начало отсчета абсолютных высот в России принят средний уровень Балтийского моря, которому соответствует нулевое деление специальной рейки (медная доска с горизонтальной чертой, вделанная в гранитный устой моста через Обводной канал в Кронштадте – Кронштадтский футшток). Эта система высот носит название *Балтийской* (БС). Разность h абсолютных или условных высот двух точек называется превышением

$$h = H_B - H_A .$$