

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по предмету

Топография с основами Картографии

Факультет ИТ

Кафедра Химической техники и промышленной экологии

Бабенко В.Н.

Задания для выполнения Контрольной работы

1. Румбы линий
2. Назначение и устройство буссоли
3. Понятие о плане, карте, аэрофотоснимке
4. Ортогональная проекция
5. Горизонтальная проекция
6. Искажение расстояний
7. Картографическая проекция Гаусса

Литература

1. Учебное пособие "Геодезия". Автор: Дьяков Б. Н., проф. кафедры геодезии СГГА.
2. Волосецкий инженерная геодезия 2003г. М:
3. И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. Инженерная геодезия.2002г. М:
4. Неволин А.Г. Курсовая работа :проект геодезического обоснования стереотопографической съемки масштаба 1:5000
5. Селиханович В.Г. Геодезия
6. Божок А.П. и др. Топография с основами геодезии. М., Высш. шк., 1986, с. 4-24.
7. Господинов Г.В., Сорокин В.Н. Топография. М., МГУ, 1974, с. 3-10.
8. Литература дополнительная:
9. Чижмаков А.Ф., Чижмакова А.М.. Геодезия. М., Недра, 1975, с. 5-9.
10. Старостин И.И., Яников Г.В. Основы топографии и картографии. М., Учпедгиз, 1959, с. 3-5.
11. Ключин Е.Б. и др. Инженерная геодезия. М., Высш. шк., 2000, с. 4-9.
12. О геодезии и картографии. Федеральный закон РФ. М., 1996.
13. Бокачев Н.Г. Топографи: Учебник. Смоленск: СГУ, 2000

Примеры выполненных работ

Задание 1

1. Общие сведения

1.1. Предмет и задачи геодезии

Слово "геодезия" образовано из греческих слов "ge" - земля и "dazomai" - разделяю, делю на части; если перевести его дословно, то получится "землеразделение". Это название соответствовало содержанию геодезии во времена ее зарождения и начального развития. Так, в Египте задолго до нашей эры измерялись размеры земельных участков, строились оросительные системы; все это выполнялось с участием геодезистов.

С развитием человеческого общества, повышением роли науки и техники расширялось содержание геодезии, усложнялись задачи, которые ставила перед ней жизнь.

В настоящее время геодезия - это наука о методах определения фигуры и размеров Земли и изображения ее поверхности на картах и планах, а также о способах проведения различных измерений на поверхности Земли (на суше и акваториях), под землей, в околоземном пространстве и на других планетах.

Среди многих задач геодезии можно выделить долговременные задачи и задачи на ближайшие годы.

К первым относятся:

- определение фигуры, размеров и гравитационного поля Земли,
- распространение единой системы координат на территорию отдельного государства, континента и всей земли в целом,
- изображение участков поверхности земли на топографических картах и планах,
- изучение глобальных смещений блоков земной коры.

Ко вторым в настоящее время относятся:

- создание и внедрение ГИС - геоинформационных систем,
- создание государственных и локальных кадастров: земельного, водного, лесного, городского и т.д.,
- топографо-геодезическое обеспечение делимитации (определения) и демаркации (обозначения) государственной границы России,
- разработка и внедрение стандартов в области цифрового картографирования,
- создание цифровых и электронных карт и их банков данных,
- разработка концепции и государственной программы повсеместного перехода на спутниковые методы автономного определения координат,
- создание комплексного национального атласа России и другие.

Эти задачи записаны в Постановлении коллегии Федеральной службы геодезии и картографии России от 20 февраля 1995 года.

Усложнение и развитие геодезии привело к разделению ее на несколько научных дисциплин.

Высшая геодезия изучает фигуру Земли, ее размеры и гравитационное поле, обеспечивает распространение принятых систем координат в пределах государства, континента или всей поверхности Земли, занимается исследованием древних и современных движений земной коры, а также изучает фигуру, размеры и гравитационное поле других планет Солнечной системы.

Топография ("топос" - место, "графо" - пишу; дословно - описание местности) изучает методы топографической съемки местности с целью изображения ее на планах и картах.

Картография изучает методы и процессы создания и использования карт, планов, атласов и другой картографической продукции.

Фотограмметрия (фототопография и аэрофототопография) изучает методы создания карт и планов по фото- и аэрофотоснимкам.

Инженерная геодезия изучает методы и средства проведения геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений.

Маркшейдерия (подземная геодезия) изучает методы проведения геодезических работ в подземных горных выработках.

Понятно, что четко обозначенных границ между перечисленными дисциплинами нет. Так, топография включает в себя элементы высшей геодезии и картографии, инженерная геодезия использует разделы практически всех остальных геодезических дисциплин и т.д.

Уже из этого неполного перечня геодезических дисциплин видно, какие разнообразны задачи - и теоретического, и практического характера, - приходится решать геодезистам, чтобы удовлетворить требования государственных и частных учреждений, компаний и фирм. Для государственного планирования и развития производительных сил страны необходимо изучать ее территорию в топографическом отношении. Топографические карты и планы, создаваемые геодезистами, нужны всем, кто работает или передвигается по Земле: геологам, морякам, летчикам, проектировщикам, строителям, земледельцам, лесоводам, туристам, школьникам и т.д. Особенно нужны карты армии: строительство оборонительных сооружений, стрельба по невидимым целям, использование ракетной техники, планирование военных операций, - все это без карт и других геодезических материалов просто невозможно.

Геодезия занимается изучением Земли в содружестве с другими "геонауками", то есть, науками о Земле. Физические свойства Земли в целом изучает наука "физика Земли", строение верхней оболочки нашей планеты изучают геология и геофизика, строение и характеристики океанов и морей - гидрология, океанография. Атмосфера - воздушная оболочка Земли - и процессы, происходящие в ней, являются предметом изучения метеорологии и климатологии. Растительный мир изучает геоботаника, животный мир - зоология. Кроме этого, есть еще география, геоморфология и другие. Среди всех наук о Земле геодезия занимает свое место: она изучает геометрию Земли в целом и отдельных участков ее поверхности, а также геометрию любых объектов (и естественного, и искусственного происхождения) на поверхности Земли и вблизи нее.

Геодезия, как и другие науки, постоянно впитывает в себя достижения математики, физики, астрономии, радиоэлектроники, автоматики и других фундаментальных и прикладных наук. Изобретение лазера привело к появлению лазерных геодезических приборов - лазерных нивелиров и светодальномеров; кодовые измерительные приборы с автоматической фиксацией отсчетов могли появиться только на определенном уровне развития микроэлектроники и автоматики. Что же касается информатики, то ее достижения вызвали в геодезии подлинную революцию, которая происходит сейчас на наших глазах.

В последние годы строительство так называемых уникальных инженерных сооружений потребовало от геодезии резкого повышения точности измерений. Так, при монтаже оборудования мощных ускорителей приходится учитывать десятые и даже сотые доли миллиметра. По результатам геодезических измерений изучают деформации и осадки действующего промышленного оборудования, обнаруживают движение земной коры в сейсмоактивных зонах, наблюдают за уровнями воды в реках, морях и океанах и уровнем грунтовых вод.

1.2. Понятие о фигуре Земли

Фигура Земли как планеты издавна интересовала ученых; для геодезистов же установление ее фигуры и размеров является одной из основных задач.

На вопрос: "Какую форму имеет Земля?" большинство людей отвечает: "Земля имеет форму шара!". Действительно, если не считать гор и океанических впадин, то Землю в первом приближении можно считать шаром. Она вращается вокруг оси и согласно законам физики должна быть сплюснута у полюсов. Во втором приближении Землю принимают за эллипсоид вращения; в некоторых исследованиях ее считают трехосным эллипсоидом.

На поверхности Земли встречаются равнины, котловины, возвышенности и горы разной высоты; если же принять во внимание рельеф дна озер, морей и океанов, то можно сказать, что форма физической поверхности Земли очень сложная. Для ее изучения можно применить широко известный способ моделирования, с которым школьники знакомятся на уроках информатики.

При разработке модели какого-либо объекта или явления учитывают только его главные характеристики, имеющие значение для успешного решения данной конкретной задачи; все другие характеристики, как несущественные для данной задачи, во внимание не принимаются.

В модели шарообразной Земли поверхность Земли имеет сферическую форму; здесь важен лишь радиус сферы, а все остальное - морские впадины, горы, равнины, - несущественно. В этой модели используется геометрия сферы, теория которой сравнительно проста и очень хорошо разработана.

Модель эллипсоида вращения имеет две характеристики: размеры большой и малой полуосей. В этой модели используется геометрия эллипсоида вращения, которая намного сложнее геометрии сферы, хотя разработана также достаточно подробно.

Если участок поверхности Земли небольшой, то иногда оказывается возможным применить для этого участка модель плоской поверхности; в этой модели применяется геометрия плоскости, которая по сложности (а точнее, по простоте) несравнима с геометрией сферы, а тем более с геометрией эллипсоида.

В одном из учебников по высшей геодезии написано: "Понятие фигуры Земли неоднозначно и имеет различную трактовку в зависимости от использования получаемых данных". При решении геодезических задач можно иногда считать поверхность участка Земли либо частью плоскости, либо частью сферы, либо частью поверхности эллипсоида вращения и т.д.

Какое направление вполне однозначно и очень просто можно определить в любой точке Земли без специальных приборов? Конечно же, направление силы тяжести; стоит подвесить на нить груз, и натянутая нить зафиксирует это направление. Именно это направление является в геодезии основным, так как оно существует объективно и легко и просто обнаруживается. Направления силы тяжести в разных точках Земли непараллельные, они радиальные, то-есть почти совпадают с направлениями радиусов Земли.

Поверхность, всюду перпендикулярная направлениям силы тяжести, называется **уровенной поверхностью**. **Уровенные** поверхности можно проводить на разных высотах; все они являются замкнутыми и почти параллельны одна другой.

Уровенная поверхность, совпадающая с невозмущенной поверхностью мирового океана и мысленно продолженная под материками, называется основной **уровенной** поверхностью или **поверхностью геоида**.

Если бы Земля была идеальным шаром и состояла из концентрических слоев различной плотности, имеющих постоянную плотность внутри каждого слоя, то все уровенные поверхности имели бы строго сферическую форму, а направления силы тяжести совпадали бы с радиусами сфер. В реальной Земле направления силы тяжести

зависят от распределения масс различной плотности внутри Земли, поэтому поверхность геоида имеет сложную форму, не поддающуюся точному математическому описанию, и не может быть определена только из наземных измерений.

В настоящее время при изучении физической поверхности Земли роль вспомогательной поверхности выполняет поверхность квазигеоида, которая может быть точно определена относительно поверхности эллипсоида по результатам астрономических, геодезических и гравиметрических измерений. На территории морей и океанов поверхность квазигеоида совпадает с поверхностью геоида, а на суше она отклоняется от него в пределах двух метров /24/ (рис.1.1).

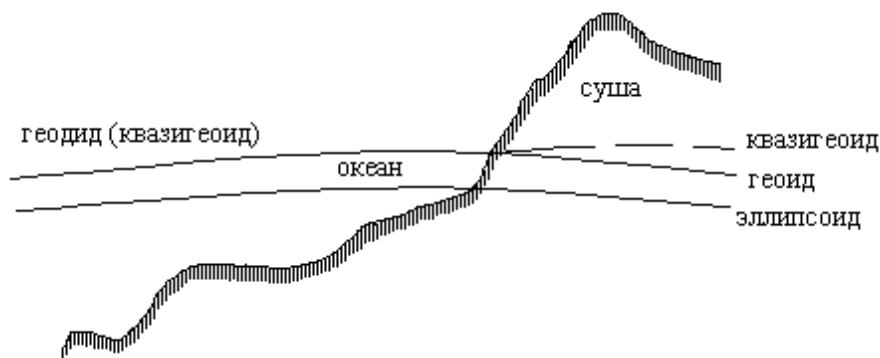


Рис.1.1

За

действительную поверхность Земли принимают на суше ее физическую поверхность, на территории морей и океанов - их невозмущенную поверхность.

Что значит

изучить действительную поверхность Земли? Это значит определить положение любой ее точки в принятой системе координат. В геодезии системы координат задают на поверхности эллипсоида вращения, потому что из простых математических поверхностей она ближе всего подходит к поверхности Земли; поверхность этого эллипсоида называется еще поверхностью относимости. Эллипсоид вращения принятых размеров, определенным образом ориентированный в теле Земли, на поверхность которого относятся геодезические сети при их вычислении, называется референц-эллипсоидом.

Для территории нашей страны постановлением Совета Министров СССР N 760 от 7 апреля 1946 года принят эллипсоид Красовского: большая полуось $a = 6\,378\,245$ м, малая полуось $b = 6\,356\,863$ м, полярное сжатие:

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.3}$$

Применяемые в разных странах референц-эллипсоиды могут иметь неодинаковые размеры; существует и общеземной эллипсоид, размеры которого утверждают Международные геодезические организации. Так, в системе WGS-84 (World Geodetic System) эти размеры суть большая полуось $a = 6\,378\,137.0$ м, полярное сжатие:

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.2566} = 0.003352810665$$

Малая полуось при необходимости вычисляется через a и α .

Для многих задач геодезии поверхностью относимости может служить сфера, которая в математическом отношении еще проще, чем поверхность эллипсоида вращения, а для некоторых задач небольшой участок сферы или эллипсоида можно считать плоским.

Задание 2

1.3. Определение положения точек земной поверхности

1.3.1. Астрономические координаты

Положение точки на поверхности сферы определяется двумя сферическими координатами - широтой и долготой (рис.1.2: точка O - центр сферы, точка P - северный полюс, точка P' - южный полюс). Проведем линию экватора QQ , полученную от пересечения плоскости экватора и поверхности сферы.

Плоскость меридиана точки A , лежащей на поверхности сферы, проходит через отвесную линию точки A и ось вращения Земли PP' . Меридиан точки A - это линия пересечения плоскости меридиана точки A с поверхностью сферы.

Широта точки A - это угол, образованный отвесной линией точки A и плоскостью экватора; этот угол лежит в плоскости меридиана точки.

Широта отсчитывается в обе стороны от экватора (к северу - северная широта, к югу - южная) и изменяется от 0° до 90° .

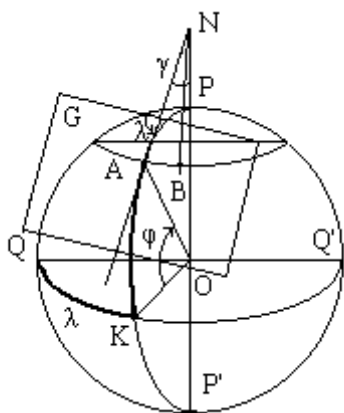


Рис.1.2

Долгота точки A - это двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана точки A . Начальный меридиан проходит через центр главного зала Гринвичской обсерватории, расположенной вблизи Лондона. Долготы изменяются от 0° до 180° , к западу от Гринвича - западные и к востоку - восточные. Все точки одного меридиана имеют одинаковую долготу.

Проведем через точку A плоскость, параллельную плоскости экватора; линия пересечения этой плоскости с поверхностью сферы называется параллелью точки; все точки параллели имеют

одинаковую широту.

Проведем плоскость G , касательную к поверхности сферы в точке A ; эта плоскость называется плоскостью горизонта точки A . Линия пересечения плоскости горизонта и плоскости меридиана точки называется полуденной линией; направление полуденной линии - с юга на север. Если провести полуденные линии двух точек, лежащих на одной параллели, то они пересекутся в точке на продолжении оси вращения Земли PP' и образуют угол γ , который называется сближением меридианов этих точек.

Широту и долготу точек местности определяют из астрономических наблюдений, потому что они и называются астрономическими координатами.

1.3.2. Геодезические координаты

На поверхности эллипсоида вращения положение точки определяется геодезическими координатами - геодезической широтой B и геодезической долготой L (рис.1.3).

Геодезическая широта точки - это угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в этой точке и плоскостью экватора. Геодезическая долгота точки - это двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана точки.

Плоскость геодезического меридиана проходит через точку A и малую полуось эллипсоида; в этой плоскости лежит нормаль к поверхности эллипсоида в точке A . Геодезическая параллель получается от пересечения поверхности эллипсоида плоскостью, проходящей через точку A и параллельной плоскости экватора.

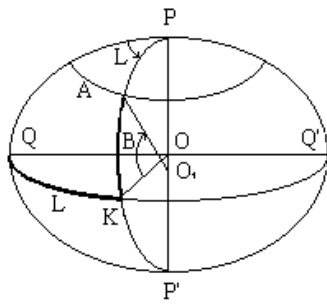


Рис.1.3

Различие геодезических и астрономических координат точки А зависит от угла между отвесной линией данной точки и нормалью к поверхности эллипсоида в этой же точке. Этот угол называется отклонением отвесной линии; он обычно не превышает 5". В некоторых районах Земли, называемых аномальными, отклонение отвесной линии достигает нескольких десятков дугowych секунд. При геодезических работах невысокой точности астрономические и геодезические координаты не различают; их общее название - географические координаты - используется довольно часто.

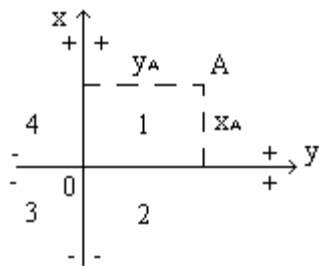
Две координаты - широта и долгота - определяют положение точки на поверхности относимости (сферы или эллипсоида). Для определения положения точки в трехмерном пространстве нужно задать ее третью координату, которой в геодезии является высота. В нашей стране счет высот ведется от урвонной поверхности, соответствующей среднему уровню Балтийского моря; эта система высот называется Балтийской.

1.3.3. Прямоугольные координаты

Систему плоских прямоугольных координат образуют две взаимноперпендикулярные прямые линии, называемые осями координат; точка их пересечения называется началом или нулем системы координат. Ось абсцисс - ОХ, ось ординат - ОУ.

Существуют две системы прямоугольных координат: левая и правая. В геодезии чаще применяется левая система (рис.1.4-а). По ложение точки в прямоугольной системе однозначно определяется двумя координатами X и Y; координата X выражает расстояние точки от оси ОУ, координата Y - расстояние от оси ОУ.

Рис.1.4-а

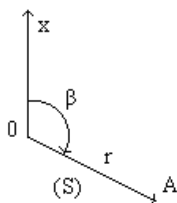


Значения координат бывают положительные (со знаком "+") и отрицательные (со знаком "-") в зависимости от того, в какой четверти (квадранте) находится искомая точка (рис.1.4-а).

1.3.4. Полярные координаты

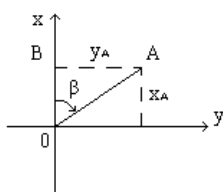
Систему полярных координат образует направленный прямой луч ОХ. Начало координат - точка О - называется полюсом системы, линия ОХ - полярной осью. Положение любой точки в полярной системе определяется двумя координатами: радиусом-вектором r (синоним полярное расстояние S) - расстоянием от полюса до точки, - и полярным углом β при точке О, образованным осью ОХ и радиусом вектором точки и отсчитываемым от оси ОХ по ходу часовой стрелки (рис.1.4-б).

Рис.1.4-б



Переход от прямоугольных координат к полярным и обратно для случая, когда начала обеих систем находятся в одной точке и оси ОХ у них совпадают (рис.1.4-в), выполняется по формулам: $X = S * \cos\beta$, $Y = S * \sin\beta$, $\operatorname{tg}\beta = Y/X$, $S = \sqrt{X^2 + Y^2}$.

Рис.1.4-в



Эти формулы получаются из решения ΔОВА по известным соотношениям между сторонами и углами прямоугольного треугольника.

Системы прямоугольных и полярных координат применяются в геодезии для определения положения точек на плоскости.

Задание 3

1.4. Метод проекции

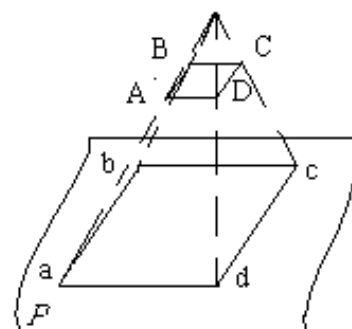
1.4.1. Центральная проекция

Чтобы изобразить объемный предмет на плоском чертеже, применяют метод проекций. К простейшим проекциям относятся центральная и ортогональная проекции.

При центральной проекции (рис.1.5-а) проектирование выполняют линиями, исходящими из одной точки, которая называется центром проекции. Пусть требуется получить центральную проекцию четырехугольника $ABCD$ на плоскость проекции P ; центр проекции - точка S .

Проведем линии проектирования до пересечения с плоскостью проекции, получим точки a, b, c, d , являющиеся проекциями точек A, B, C, D . Плоскость проекции и объект могут располагаться по разные стороны от центра проекции; так при фотографировании центром проекции является оптический центр объектива, а плоскостью проекции - фотопластинка или фотопленка.

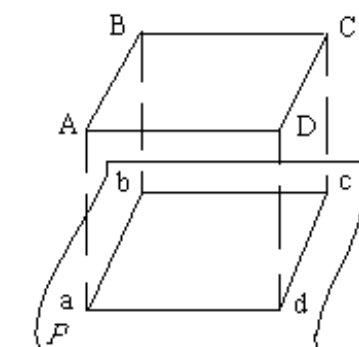
Рис.1.5-а



1.4.2. Ортогональная проекция

При ортогональной проекции линии проектирования перпендикулярны плоскости проекции. Проведем через точки A, B, C, D линии, перпендикулярные плоскости проекции P ; в пересечении их с плоскостью P получим ортогональные проекции a, b, c, d соответствующих точек (рис.1.5-б)

Рис.1.5-б



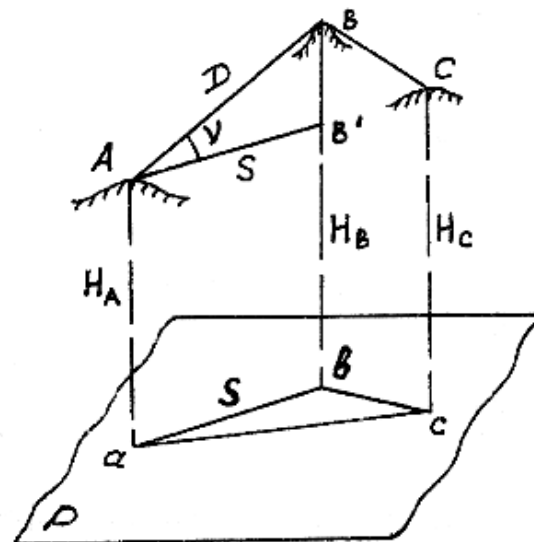
1.4.3. Горизонтальная проекция

Чтобы изобразить на бумаге участок земной поверхности, нужно выполнить две операции: сначала спроектировать все точки участка на поверхность относимости (на поверхность эллипсоида вращения, или на поверхность сферы) и затем изобразить поверхность относимости на плоскости. Если участок местности небольшой, то соответствующий ему участок сферы или поверхности эллипсоида можно заменить плоскостью и считать, что проектирование выполняется сразу на плоскость.

При проектировании отдельных точек и целых участков земной поверхности на поверхность относимости применяется горизонтальная проекция, в которой проектирование выполняют отвесными линиями.

Пусть точки A, B, C находятся на поверхности Земли (рис.1.6). Спроектируем их на поверхность относимости и получим их горизонтальные проекции - точки a, b, c . Линия ab называется горизонтальной проекцией или горизонтальным проложением линии местности AB и обозначается буквой S . Угол между линией AB и ее горизонтальной проекцией AB' называется углом наклона линии и обозначается буквой v .

Расстояния Aa, Bb, Cc от точек местности до их горизонтальных проекций называются высотами или альтитудами точек и обозначаются



буквой Н (H_A, H_B, H_C); отметка точки - это численное значение ее высоты. Разность отметок двух точек называется превышением одной точки относительно другой и обозначается буквой h : $h_{AB} = H_B - H_A$.

1.5. Расчет искажений при замене участка сферы плоскостью

1.5.1 Искажение расстояний

Небольшой участок сферической 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 оправдано, 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.1.7 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 точки A' и C' .

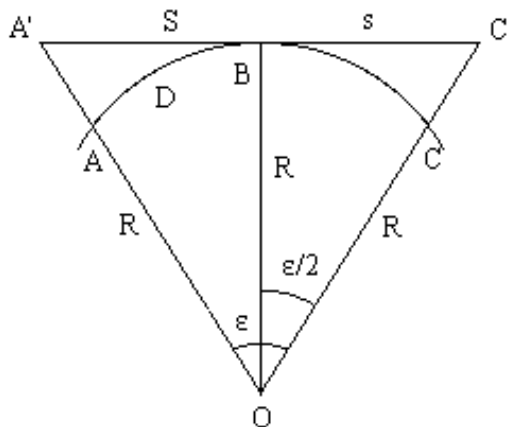


Рис.1.7

Пусть дуга ABC имеет длину D , а отрезок касательной $A'C'$ - длину S . Известно, что для окружности $D = R * \epsilon$, причем угол ϵ должен быть выражен в радианах.

Из $\triangle OBC'$ имеем:

$$S/2 = R * \text{tg}(\epsilon/2) \text{ или } S = 2 R \text{tg}(\epsilon/2) \quad (1.1)$$

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

$$\Delta D = R * [2 * \text{tg}(\epsilon/2) - \epsilon] \quad (1.2)$$

Разложим $\text{tg}(\epsilon/2)$ в ряд, ограничившись ввиду малости угла $\epsilon/2$ двумя членами разложения,

$$\text{tg}(\epsilon/2) = \epsilon/2 + 1/3 * (\epsilon/2)^3 \text{ или } \text{tg}(\epsilon/2) = \epsilon/2 + \epsilon^3 / 24$$

Подставим это выражение в формулу (1.2) и получим

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

Но $\epsilon = D/R$, 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:

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{12 * R^2} \quad (1.3)$$

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

Достигнутая точность измерения расстояний пока не превышает $1/1\,000\,000$, поэтому при геодезических работах любой точности участок сферы 20×20 км² можно

считать плоским. При работах пониженной точности размеры участка сферы, принимаемого за плоскость, можно увеличить.

1.5.2. Искажение высот точек

Если заменить небольшой участок сферы касательной плоскостью, то будут искажены не только длины линий, но и отметки точек. Изменения отметок симметричны относительно точки В и зависят от удаления от этой точки; обозначим отрезок ВС', равный половине отрезка А'С', через s . Отметка точки С', находящейся на плоскости, отличается от отметки точки С, лежащей на сфере, на величину отрезка $СС'=p$ (рис.1.7).

Из треугольника ОВС' следует:

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

откуда получаем: (1.4)

В знаменателе величина p намного меньше величины $2 \cdot R$, поэтому, отбросив ее, мы допустим несущественную ошибку.

Таким образом,

(1.5)

Влияние кривизны Земли на отметки точек нужно учитывать при любых расстояниях между точками; например, при $s=10$ км $p=7.8$ м и при $s=100$ м $p=0.8$ мм.

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

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

Задание 4

1.6. Понятие о плане, карте, аэроснимке

Уменьшенное изображение на бумаге горизонтальной проекции небольшого участка местности называется планом.

На плане местность изображается без заметных искажений, так как небольшой участок поверхности относимости можно принять за плоскость.

Если участок поверхности относимости, на который спроектирована местность, имеет большие размеры, то при изображении его на плоскости неизбежны заметные искажения длин линий, углов, площадей. Просто развернуть на плоскость участок сферы или эллипсоида без разрывов и складок нельзя, поэтому приходится прибегать к помощи математики.

Математически определенный способ изображения поверхности сферы или эллипсоида на плоскости называется картографической проекцией; каждой точке M_0 (φ, λ или B, L) изображаемой поверхности соответствует одна точка M (x, y) плоскости. Аналитически картографическая проекция задается двумя уравнениями $x = f_1(\varphi, \lambda)$, $y = f_2(\varphi, \lambda)$, где f_1 и f_2 - функции независимые, непрерывные, однозначные и конечные.

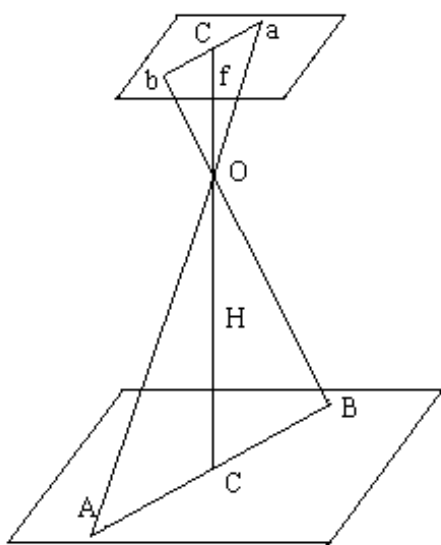
Картографические проекции классифицируются по:

- характеру искажений (равноугольные, равновеликие и произвольные),
- виду сетки меридианов и параллелей (азимутальные, цилиндрические, псевдоцилиндрические, конические, псевдоконические, поликонические),
- положению полюса сферических координат (нормальные, поперечные, косые).

Картой называется уменьшенное изображение на бумаге горизонтальной проекции участка земной поверхности в принятой картографической проекции, то-есть, с учетом кривизны поверхности относимости.

В нашей стране топографические карты составляются в поперечно-цилиндрической равноугольной проекции Гаусса.

Масштабом карты (плана) называется отношение длины отрезка на карте (плане) к горизонтальной проекции соответствующего отрезка на местности.



По своему назначению все географические карты делятся на общегеографические и тематические. На общегеографических картах показывают рельеф, гидрографию, растительный покров, населенные пункты, пути сообщения, различные границы и другие объекты природного, хозяйственного и культурного назначения.

На тематических картах изображают размещение, сочетание и связи различных природных и общественных явлений; известны геологические, климатические, ландшафтные, экологические карты, карты полезных ископаемых, карты размещения производительных сил, карты населения, исторические, учебные, туристические и др.

Крупномасштабные (масштаба 1:1.000.000 и крупнее) общегеографические карты называются топографическими. Они издаются в виде отдельных листов размером примерно 40 см x 40 см.

Рис.1.8

Аэроснимок - это фотографическое изображение участка земной поверхности, представляющее его центральную проекцию. При отвесном положении оси фотоаппарата получается плановый снимок, при наклонном - перспективный снимок.

Масштабом аэроснимка называется отношение длины отрезка на аэроснимке к длине соответствующего отрезка на местности (рис.1.8). Масштаб аэроснимка определяют по формуле:

$$\frac{1}{M} = \frac{f}{H} \quad (1.6)$$

где: f - фокусное расстояние фотоаппарата, $f = OC'$,
 H - высота фотографирования, $H = OC$.

1.7. Картографическая проекция Гаусса

В проекции Гаусса вся поверхность Земли условно разделена на 60 зон меридианами, проведенными через 6° ; форма зоны - сферический двуугольник (рис.1.9); счет зон ведется от Гринвичского меридиана на восток. Средний меридиан зоны называется осевым; долгота осевого меридиана L_0 любой зоны в восточном полушарии подсчитывается по формуле:

$$L_0 = 6^\circ * n - 3^\circ \quad (1.7) \text{ а в западном - по формуле: } L_0 = 360^\circ - (6^\circ * n - 3^\circ), \text{ где } n - \text{ номер зоны.}$$

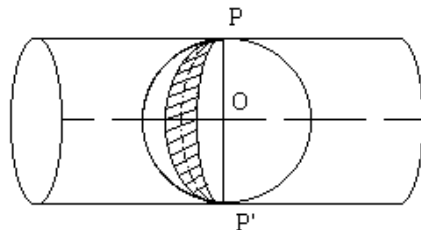
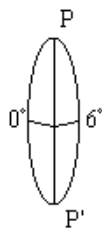


Рис.1.9 Рис.1.10

Представим себе, что земной эллипсоид вписан в эллиптический цилиндр. Ось цилиндра расположена в плоскости экватора и проходит через центр эллипсоида (рис.1.10). Цилиндр касается эллипсоида по осевому меридиану данной зоны. Вся поверхность зоны проектируется на поверхность цилиндра нормальными к эллипсоиду так, что изображение малого участка на цилиндре подобно соответствующему участку на эллипсоиде. Такая проекция называется конформной или равноугольной; в ней углы не искажаются, а длины линий искажаются по закону:

где: ΔS - величина искажения линии, S - длина линии на эллипсоиде, Y - удаление линии от осевого меридиана, R - средний по линии радиус кривизны эллипсоида.

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{Y^2}{2 * R^2} \quad (1.8)$$

Для территории нашей страны искажения длин линий находятся в допустимых пределах для карт масштабов 1/10000 и мельче; для карт масштаба 1/5000 и крупнее приходится применять трехградусные зоны Гаусса.

Поверхность цилиндра разрезается и разворачивается на плоскости; при этом осевой меридиан и экватор изображаются в виде двух взаимно перпендикулярных прямых линий. В точку их пересечения помещают начало прямоугольных координат зоны. За ось OX принимают изображение осевого меридиана зоны (положительное направление оси OX - на север), за ось OY принимают изображение экватора (положительное направление оси OY - на восток). При координате Y впереди пишут номер зоны; для исключения ее отрицательных значений условились, что в начале координат значение координаты Y равно 500 км.

Поверхность цилиндра разрезается и разворачивается на плоскости; при этом осевой меридиан и экватор изображаются в виде двух взаимно перпендикулярных прямых линий. В точку их пересечения помещают начало прямоугольных координат зоны. За ось OX принимают изображение осевого меридиана зоны (положительное направление оси OX - на север), за ось OY принимают изображение экватора (положительное направление оси OY - на восток). При координате Y впереди пишут номер зоны; для исключения ее отрицательных значений условились, что в начале координат значение координаты Y равно 500 км.

Задание 5

1.8. Ориентирование линий

1.8.1. Ориентирование по географическому меридиану точки

Ориентировать линию - значит определить ее направление относительно другого направления, принятого за начальное. Направление определяется величиной ориентирного угла, то есть, угла между начальным направлением и направлением линии.

В геодезии за начальное направление принимают:

- географический меридиан точки,
- осевой меридиан зоны,
- магнитный меридиан точки.

Географическим азимутом называется угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления географического меридиана точки до направления линии; он обозначается буквой A (рис.1.11). Пределы изменения географического азимута от 0° до 360° .

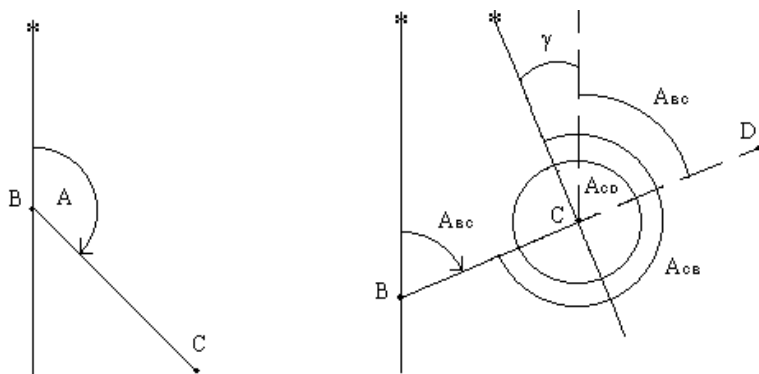


Рис.1.11

Рис.1.12

Азимут прямой линии в разных ее точках имеет разные значения, так как меридианы на поверхности сферы непараллельны между собой. Проведем линию BC и меридианы в точках B и C (рис.1.12). Азимут этой линии

в точке C отличается от азимута линии в точке B на величину сближения меридианов точек B и C:

$$A_{CD} = A_{BC} + \gamma \quad (1.9)$$

В геодезии различают прямое и обратное направление линии. Например, в точке C линии BD прямое направление - направление CD, обратное направление - направление CB. Прямой и обратный азимут линии в одной точке различаются ровно на 180° , однако, для разных точек линии это равенство не выполняется. Пусть BC - прямое направление линии в ее начале (в точке B), A_{BC} - азимут прямого направления; CB - обратное направление линии в ее конце (в точке C), A_{CB} - азимут обратного направления, тогда

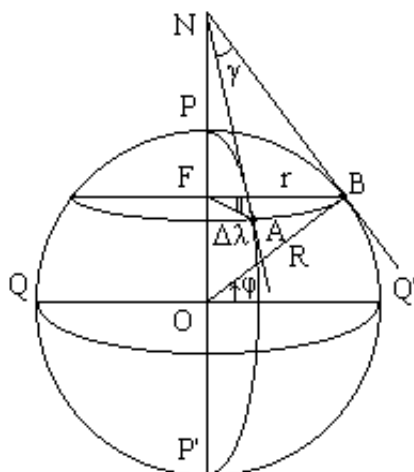
$$A_{BC} = A_{CB} + 180^\circ + \gamma \quad (1.10)$$

то есть, обратный азимут линии равен прямому азимуту плюс-минус 180° , плюс сближение меридианов точек начала и конца линии.

Различают восточное (положительное) и западное (отрицательное) сближение меридианов. Если конечная точка линии находится к востоку от начальной, то сближение меридианов будет восточным и положительным; если конечная точка линии лежит к западу от начальной, то сближение меридианов будет западным и отрицательным.

Формула сближения меридиана. На сфере наметим две точки A и B, лежащие на одной параллели, то есть, имеющие одинаковую широту (рис.1.13).

Рис.1.13



Проведем на поверхности сферы экватор и параллель точек А и В; в плоскости параллели проведем радиусы параллели $FA = r$ и $FB = r$; угол между ними равен разности долгот точек.

Через точки А и В проведем полуденные линии AN и BN, которые, пересекаясь на продолжении оси вращения Земли, образуют угол γ , являющийся сближением меридианов точек А и В. Требуется выразить Рис.1.13 угол γ через координаты точек А и В, то есть, через широту φ и долготы λ_A и λ_B , причем $\Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_A$.

Выразим длину дуги АВ двумя способами: из $\Delta ABN \sim AB = BN * \gamma$ и из $\Delta ABF \sim AB = r * \Delta\lambda$ (углы γ и $\Delta\lambda$ выражены в радианах). Далее пишем:

$$BN * \gamma = r * \Delta\lambda, \quad (1.11) \text{ откуда } \gamma = \Delta\lambda * \frac{r}{BN}. \quad (1.12)$$

Радиус параллели выразим из ΔOFB $r = R * \text{Cos}(\varphi)$, а отрезок BN - из ΔONB $BN = R * \text{Ctg}(\varphi)$, где R - радиус сферы; тогда

$$\gamma = \Delta\lambda * \text{Sin}(\varphi) \text{ или } \gamma = (\lambda_B - \lambda_A) * \text{Sin}(\varphi) \quad (1.13)$$

В этой формуле размерность γ соответствует размерности λ .

Гауссово сближение меридианов. Частным случаем сближения меридианов является гауссово сближение меридианов, когда начальная точка А лежит на осевом меридиане зоны. Величина гауссова сближения меридианов, равного сближению меридиана точки и осевого меридиана зоны, является одной из характеристик положения точки внутри зоны. Формула гауссова сближения меридианов имеет вид

$$\gamma_\gamma = (L * L_0) * \text{Sin}(B). \quad (1.14)$$

Буквами L и B здесь обозначены геодезические долгота и широта точки, буквой L_0 - долгота осевого меридиана зоны. В пределах зоны гауссово сближение меридианов не может превышать величины $3^0 * \text{Sin}(B)$.

1.8.2. Ориентирование по осевому меридиану зоны

Дирекционным углом линии называется угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана зоны до направления линии; он обозначается буквой α (рис.1.14). Пределы изменения дирекционного угла от 0^0 до 360^0 .

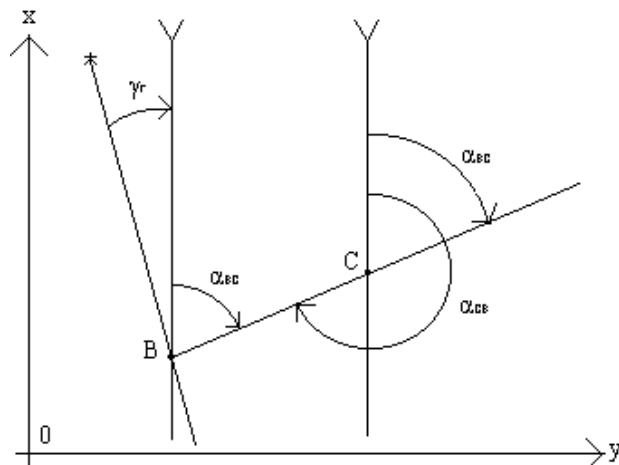


Рис.1.14

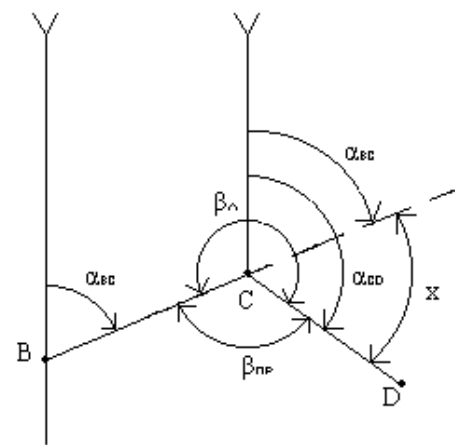


Рис.1.15

Поскольку направление осевого меридиана для зоны одно, то дирекционный угол прямой линии одинаков в разных ее точках, а обратный дирекционный угол прямой линии отличается от прямого ровно на 180° :

$$\lambda_{CB} = \lambda_{BC} + 180^\circ \quad (1.15)$$

Связь географического азимута и дирекционного угла одной и той же прямой линии выражается формулой:

$$A = \alpha + \gamma_{\Gamma} \quad (1.16)$$

где γ_{Γ} - гауссово сближение меридианов в точке начала линии.

Передача дирекционного угла на последующую сторону через угол поворота. Пусть имеются две линии BC и CD; угол поворота между ними в точке C равен $\beta_{\text{л}}$ (левый угол поворота) или $\beta_{\text{пр}}$ (правый угол поворота) - рис.1.15.

Проведем через точки B и C направления, параллельные осевому меридиану зоны и покажем на рисунке дирекционные углы α_{BC} и α_{CD} . В задаче известны α_{BC} и $\beta_{\text{л}}$ (или $\beta_{\text{пр}}$); требуется найти α_{CD} .

Продолжим линию BC и покажем на ее продолжении угол α_{BC} . Из рис.1.15 видно, что $\alpha_{CD} = \alpha_{BC} + x$. Но $x = \beta_{\text{л}} - 180^\circ$ или $x = 180^\circ - \beta_{\text{пр}}$, тогда:

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} + \beta_{\text{л}} - 180^\circ, \quad (1.17) \quad \text{или} \quad \alpha_{CD} = \alpha_{BC} + 180^\circ - \beta_{\text{пр}}$$

Если при вычислении по двум последним формулам дирекционный угол получается отрицательным, к нему прибавляют 360° ; если он получается больше 360° , то из него вычитают 360° .

1.8.3. Ориентирование по магнитному меридиану точки

Магнитным азимутом называется угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана точки до направления линии; он обозначается буквой A_M (рис.1.16). Пределы изменения магнитного азимута от 0° до 360° .

Проведем через одну и ту же точку B географический меридиан N и магнитный меридиан N_M ; угол между ними называется склонением магнитной стрелки и обозначается буквой δ . Если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от географического меридиана, то склонение считается восточным и положительным; если к западу, - то западным и отрицательным.

Направление BC характеризуется двумя ориентирными углами: географическим азимутом и магнитным азимутом; из рис.1.16 видно, что

$$A = A_M + \delta \quad (1.19)$$

Учитывая формулу связи географического азимута и дирекционного угла линии (1.11), можно написать:

$$A = A_M + \delta = \alpha + \gamma_{\Gamma} \quad (1.20)$$

$$\text{и } \alpha = A_M + \delta - \gamma_{\Gamma} = A_M + \Pi, \quad \text{v(1.21)}$$

где Π - поправка за склонение магнитной стрелки и сближение меридианов.

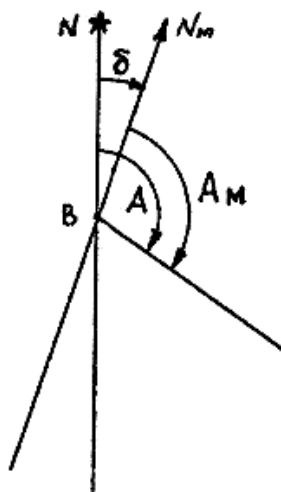
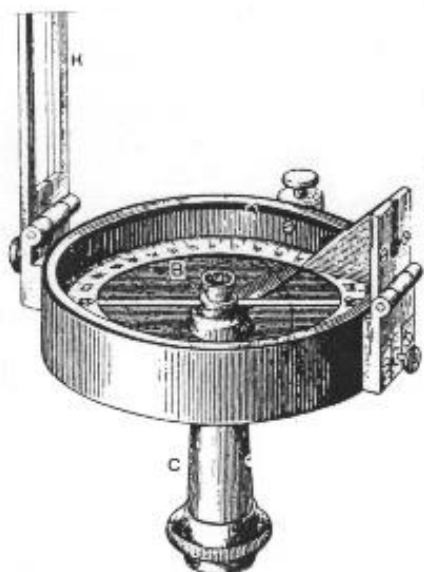


Рис.1.16

Назначение и устройство буссоли. Буссоль предназначена для ориентирования на местности по магнитному меридиану; она устроена примерно так же, как компас (рис.1.17). На острие, расположенном в центре градуированного кольца, вращается магнитная стрелка с передвижным хомутиком для ее уравнивания. Кольцо буссоли разделено на 360 частей, цена одного деления 1° . Деления азимутальных буссолей возрастают от 0° до 360° либо по ходу, либо против хода часовой стрелки;

деления румбической буссоли возрастают от 0° до 90° в обе стороны от нулевого диаметра.



Если деления азимутальной буссоли возрастают по ходу часовой стрелки, то совмещают северный конец стрелки с нулевым делением и по направлению линии отсчитывают магнитный азимут. Если деления возрастают против хода часовой стрелки, то нулевое деление располагают по направлению линии и против северного конца стрелки отсчитывают магнитный азимут.

Рис.1.17

1.8.4. Румбы линий

Кроме географического и магнитного азимутов и дирекционного угла к ориентирным углам относятся также румбы. Румб - это острый угол от ближайшего направления меридиана до направления линии; он обозначается буквой r . Пределы изменения румба от 0° до 90° . Название румба зависит от названия меридиана: географический, магнитный и дирекционный (или осевой).

Для однозначного определения направления по значению румба он сопровождается названием четверти:

1 четверть - СВ (северо-восток), 2 четверть - ЮВ (юго-восток), 3 четверть - ЮЗ (юго-запад), 4 четверть - СЗ (северо-запад), например, $r = 30^\circ$ ЮВ.

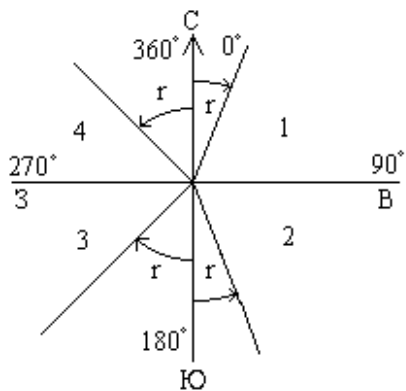


Рис.1.18

Связь румба с соответствующим азимутом выявляется из рис.1.18.

1 четверть $r = a$; $a = r$; 2 четверть $r = 180^\circ - a$; $a = 180^\circ - r$; 3 четверть $r = a - 180^\circ$; $a = 180^\circ + r$;
 (1.22) 4 четверть $r = 360^\circ - a$; $a = 360^\circ - r$.