



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Отдел магистратуры АСА УПКВК
Кафедра экономики природопользования и кадастра

ЛЕКЦИИ

по дисциплине «Геодезическое и картографическое обеспечение
землеустройства и кадастра»

Ростов-на-Дону

2017

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Государственная геодезическая основа	4
1.1 Общие сведения о государственной геодезической основе	4
1.2 Местные плоские прямоугольные системы координат	8
1.3 Способы ввода региональных и местных систем плоских прямоугольных координат	10
2 Методы перевычисления координат из одной системы в другую	14
2.1 Автономное определение координат точек	14
2.2 Система геодезических координат	16
2.3 Связь между системами координат, переход из геодезических в прямоугольные координаты	21
3 Методы восстановления межевых знаков на земельном участке	26
3.1 Классификация линейно-угловых ходов	26
3.2. Земельно-кадастровые геодезические работы	30
3.3 Методы восстановления утраченных знаков	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	38
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	39
ПРИЛОЖЕНИЕ	

ВВЕДЕНИЕ

Геодезия – наука об измерениях, производимых для определения формы и размеров Земли, изображения ее поверхности на картах и планах, создания координатных систем, решения многообразных экономико-хозяйственных, экологических, научных и других проблем. Современная геодезия – многогранная наука, решающие сложные научные и практические задачи.

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.

Особое место в системе географических наук занимает картография. Это наука, изучающая методы создания и использования карт. Методы картографии имеют широкое применение в таких науках, как геология, океанология, история и другие. Сегодня картографическое производство использует немало материалов космической съемки, достижения автоматизации и вычислительной техники. Широкое использование карт в научных исследованиях, народном хозяйстве, военном деле, развитии транспорта и многих других областях деятельности превращает это научно-техническое направление в важную отрасль хозяйственной деятельности.

Таким образом, геодезия и картография являются основой для многих видов деятельности, в том числе и для осуществления кадастровых работ.

1 Государственная геодезическая основа

1.1 Общие сведения о государственной геодезической основе

Все геодезические сети РФ по назначению и точности построения подразделяются на три большие группы:

- 1) ГГС (государственная геодезическая сеть);
- 2) ГСС (геодезические сети сгущения;
- 3) СС – съёмочные сети.

Отдельную группу составляют специальные инженерно-технические сети; к ним можно отнести:

- геодезические сети для обеспечения строительства и эксплуатации уникальных объектов (ускорители элементарных частиц, радиотелескопы и т.п.);
- геодезические сети для изучения движений блоков земной коры, смещений и деформаций элементов инженерного оборудования;
- геодезические сети МО;
- геодезические сети Росреестра и т.п.

Геодезические сети Росреестра называются Опорные Межевые сети (ОМС) и бывают двух классов точности ОМС1 и ОМС2; средняя квадратическая ошибка взаимного положения смежных пунктов ОМС1 равна 0,05 м и для ОМС2 – 0,10 м.

Государственная геодезическая сеть является главной геодезической основой топографических съёмок всех масштабов и должна удовлетворять требованиям народного хозяйства и обороны страны при решении научных и инженерно-технических задач. По Инструкции 1966 года плановая сеть должна была создаваться методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации и их сочетаниями; высотная сеть – построением отдельных ходов и систем ходов геометрического нивелирования. По этой Инструкции

существовали следующие классы точности государственных геодезических сетей:

- плановая сеть 1, 2, 3 и 4 классов;
- высотная сеть I, II, III и IV классов.

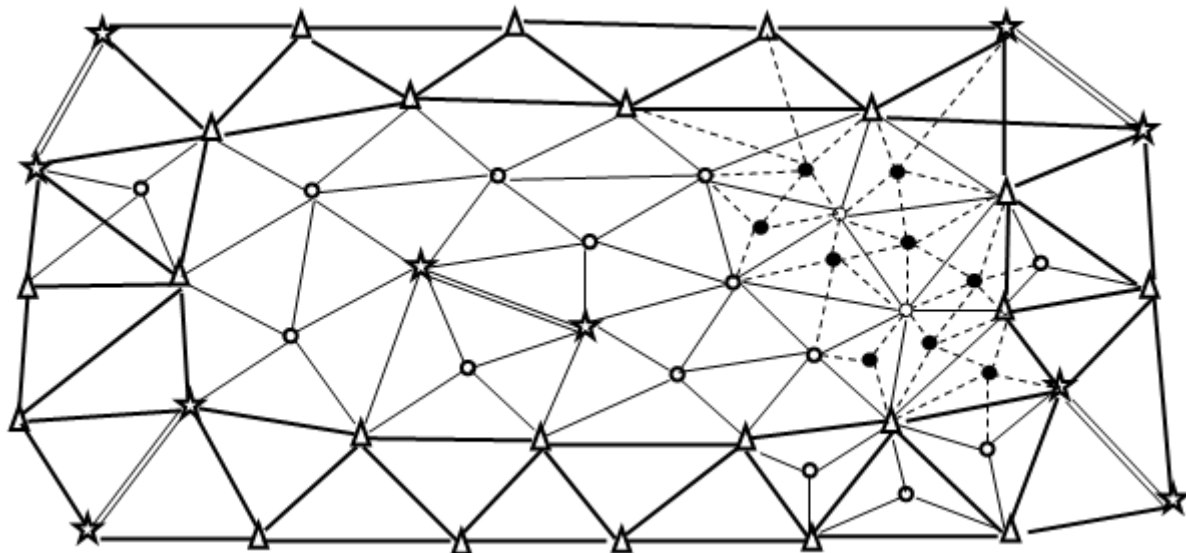


Рисунок 1 – Государственная геодезическая сеть

Классы точности геодезических сетей различаются точностью измерений углов, расстояний и превышений, длиной сторон и ходов сети и порядком последовательного развития.

Геодезические сети сгущения развиваются в отдельных районах при недостаточной плотности пунктов государственной геодезической сети для обоснования съёмок масштаба 1:5000 и крупнее, с также для инженерных целей, при городском, промышленном и транспортном строительстве, при ирригационных, энергетических и других изысканиях, при геологической и геофизической разведке, в маркшейдерском деле.

Съёмочные сети служат непосредственной основой топографической съёмки контуров и рельефа местности, а также геодезических измерений в строительстве[7].

Общим принципом построения геодезических сетей был и остаётся принцип «от общего к частному». Согласно этому принципу сначала на всей территории страны создаётся редкая сеть пунктов высшего класса; их координаты и отметки получают с максимально возможной точностью при

использовании всех достижений науки и техники; затем сеть сгущают пунктами меньшей точности, используя пункты высшего класса как исходные. Процесс сгущения геодезических сетей продолжается до тех пор, пока на данном участке будет создана сеть с нужной плотностью пунктов. При построении геодезических сетей стремятся ограничить количество ступеней построения сетей с тем, чтобы ослабить накопление ошибок измерений.

Плотность пунктов государственной геодезической сети, как известно, зависит от застроенности территории и от масштаба съёмок в том или ином районе и колеблется от одного пункта на 50 - 60 кв.км до одного пункта на 5 - 15 кв.км.

По инструкции 2001 года основным методом создания государственных геодезических сетей устанавливается спутниковый метод, при котором координаты пунктов определяются из наблюдений спутников.

Преимущества спутникового метода:

- 1) автономность (не нужна взаимная видимость между соседними пунктами сети);
- 2) уменьшение времени пребывания на пункте;
- 3) одинаковая точность определения координат по всей сети (раньше из-за накопления разного рода ошибок точность координат пунктов зависела от их удалённости от исходных пунктов, то есть, с увеличением расстояния от исходных пунктов точность падала);
- 4) автоматизация и сокращение объёмов вычислений при обработке измерений.

По инструкции установлены следующие классы точности геодезических сетей:

- ФАГС (фундаментальная астрономо-геодезическая сеть);
- ВГС (высокоточная геодезическая сеть);
- СГС-1 (спутниковая геодезическая сеть 1-го класса);
- АГС (астрономо-геодезическая сеть).

– АГС вошли все геодезические пункты 1-го и 2-го классов прежних государственных геодезических сетей; их общее количество превышает 164000.

С 01.07.2002 года в России постановлением правительства введена новая система государственных геодезических координат СК-95 вместо существовавшей ранее системы СК-42.

В настоящее время на территории России существует обширная сеть геометрического нивелирования разных классов. По размерам и точности определения отметок реперов она по утверждению научного руководства ЦНИИГАиК не имеет равных во всём мире. Установлены 4 класса точности нивелирных сетей: I класс, II класс, III класс и IV класс.

Нивелирные сети III и IV классов изучаются во 2-й части курса “Геодезия”, а нивелирные сети I и II классов – в дисциплине “Высшая геодезия”.

Пункты высотных геодезических сетей называются реперы и закрепляются на местности так, чтобы обеспечить их долговременную сохранность и неизменное положение по высоте. В зависимости от качества грунтов и климата территории применяют грунтовые реперы, скальные марки, стенные марки. На линиях нивелирования I и II классов могут закладываться вековые и фундаментальные реперы, но большинство реперов являются рядовыми. Конструкции центров реперов разработаны для различных регионов России, и их описание помещено в специальных изданиях.

Нивелирные сети III и IV классов относятся к высотным сетям сгущения; они создаются внутри полигонов высшего класса (I или II) как отдельными линиями (ходами), так и в виде систем линий (ходов); при этом и отдельные линии и системы линий должны опираться не менее, чем на 2 репера высшего класса. Периметр полигонов в нивелировании III класса для обжитых районов составляет 60-150 км, для малообжитых районов 100-300 км, для городов 25-40 км. В сетях IV класса периметр полигонов составляет

для обжитых районов 20-60 км, для необжитых районов 25-80 км, для городов 8-12 км.

Линии нивелирования III и IV классов закрепляются на местности реперами не реже, чем через 5 км (в труднодоступных районах через 7 км). Каждый репер должен иметь индивидуальный номер, не повторяющийся как на данной линии, так и на ближайших линиях.

Техническое нивелирование выполняется с предельной ошибкой измерения превышений 50 мм на один километр хода, а нивелирование IV и III классов выполняются с более высокой точностью[9].

1.2 Местные плоские прямоугольные системы координат

В целях ведения ЕГРН, составления карт (планов), определения координат границ земельных участков и др. на территории Российской Федерации применяют местные системы координат.

Местную систему координат задают в пределах территории кадастрового округа. Местная система плоских прямоугольных координат является системой плоских прямоугольных геодезических координат с местными координатными сетками проекции Гаусса.

При разработке местных систем координат используют параметры эллипсоида Красовского.

В местных системах координат применяют Балтийскую систему высот. Редуцирование линейных измерений в проекцию Гаусса с местной координатной сеткой и вычисление геодезических высот выполняют с помощью «Карты высот квазигеоида над эллипсоидом Красовского». Эта карта соответствует государственной рефератной системе.

За основу местных систем координат может быть принята система координат СК-63, которая покрывает территорию большинства субъектов Российской Федерации несколькими самостоятельными блоками. В то же время, вместо блочного покрытия территории страны, местные системы

координат можно устанавливать на территории кадастрового округа или кадастрового района.

Применение единой местной системы координат позволяет однозначно и без дополнительных преобразований вести Единый государственный реестр земель.

Местные системы координат имеют названия. Названием системы может являться ее номер, равный, например, коду (номеру) субъекта РФ или города, устанавливаемому в соответствии с «Общероссийским классификатором объектов административно-территориального деления».

В каждой местной системе координат устанавливаются следующие параметры координатной сетки проекции Гаусса:

- долгота осевого меридиана первой зоны L_0
- число координатных зон N ;
- координаты условного начала X_0, Y_0 ;
- угол поворота θ осей координат местной системы относительно государственной в точке местного начала координат;
- масштаб местной системы координат относительно плоской прямоугольной системы геодезических координат СК-42 или СК-95;
- высота H_0 поверхности (плоскости) принятой за исходную, к которой приведены измерения и координаты в местной системе;
- референц-эллипсоид, к которому отнесены измерения в местной системе координат;
- соответствующие формулы преобразования плоских прямоугольных геодезических координат.

Совокупность указанных параметров называют «ключом» местной системы координат. В местной системе координат могут быть одна или несколько зон проекции Гаусса. В системе координат с несколькими зонами расстояние между соседними осевыми меридианами (ширина координатной зоны) составляет 3° .

Условное начало X_0, Y_0 местных системах назначают так, чтобы координаты в пределах зоны были положительными, а значения абсцисс не имели тысяч километров. Для всех местных систем координат масштаб изображения на осевом меридиане равен единице. Каждая местная система координат территории кадастрового округа имеет тесную связь с единой государственной системой плоских прямоугольных координат посредством соответствующих, ранее названных ключей перехода. При изменении (уточнении) координат пунктов геодезических сетей в государственной референцией системе ключи вычисляют заново при условии минимальных изменений координат пунктов в местной системе.

При преобразовании координат из одной системы в другую используют различные алгоритмы. Участвующие в преобразовании геодезические пункты должны принадлежать одной и той же координатной зоне местной системы координат[4].

1.3 Способы ввода региональных и местных систем плоских прямоугольных координат

Можно выделить две основные причины необходимости ввода местных систем плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера:

1. Обеспечение режима секретности при использовании каталогов координат пунктов и результатов топографической съемки. Если эта информация будет храниться и использоваться в местных системах координат, то она не будет иметь, в соответствии с действующими нормативными документами, грифа "Секретно".

2. Желание геодезистов уменьшить величины поправок за переход на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера с тем, чтобы их можно было не учитывать при работе на своем объекте, занимающем небольшую площадь. Максимальная площадь объекта не может превышать территорию субъекта РФ. В местных системах координат положение начала отсчета координат и

ориентировка осей должны отличаться от существующих в государственных системах координат.

В местных системах координат положение начала отсчета координат и ориентировка осей должны отличаться от существующих в государственных системах координат. С методической точки зрения местные системы координат целесообразно разделить на две группы: региональные (СКР) и собственно местные (СКМ).

Региональными системами плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера нужно называть те, которые вводятся на территории субъектов Российской Федерации. Они, как правило, реализуются в нескольких трехградусных зонах. В местных системах координат используется одна зона, размер которой специально не устанавливается потому, что он зависит от конкретного населенного пункта, строительной площадки и т.д.

Региональные системы плоских прямоугольных координат можно установить только одним способом: изменением долгот осевых меридианов региональных зон по отношению к государственным зонам. В этом случае технология преобразования координат Гаусса-Крюгера из государственной системы в СКР будет содержать три основных этапа.

На первом этапе необходимо перейти от условных плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера к геодезическим координатам.

Второй этап алгоритма является ключевым. Он заключается в определении номера зоны k в СКР

$$k = \text{целое}(\frac{(L - L_0^{(1)} + 3^0)}{3^0})$$

в вычислении долготы осевого меридиана $L_0(k)$ этой зоны и получении новой разности долгот l_p

$$\begin{aligned} L_0^{(k)} &= L_0^{(1)} + 3^0(k-1) \\ l_p &= L - L_0^{(k)} \end{aligned}$$

На третьем этапе необходимо вычислить действительные плоские прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера x_p , y_p . Завершает этот этап определение условных плоских прямоугольных координат по действительным координатам.

Анализ данных формул позволяет сделать вывод о том, что для взаимосвязи двух систем плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера государственной и региональной требуется знать значения трех параметров (ключей). Такими параметрами являются:

- долгота осевого меридиана L_0 первой трехградусной зоны;
- координаты x_0 , y_0 начала региональной действительной системы плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера относительно начала региональной условной системы.

Эти параметры устанавливаются разработчиками СКР, хранятся в территориальных инспекциях государственного геодезического надзора и являются закрытой для рядовых пользователей информацией.

Для установления местных систем плоских прямоугольных координат на территории различных объектов в России применяют два способа. Первый способ принципиально такой же, как и способа ввода СКР, который был описан ранее. Отличие состоит лишь в том, что в СКМ нет деления на зоны и, поэтому за осевой меридиан обычно принимается тот, который проходит примерно посередине объекта.

Такой способ ввода СКМ отличается своей строгостью. Его использование не вносит дополнительных искажений в результаты полевых измерений при их математической обработке. Однако он требует выполнения большого объема вычислительных работ, справиться с которым без привлечения компьютеров было затруднительно.

Поэтому до компьютеризации геодезического производства часто применяли другой способ. Его идея заключается в развороте координатных осей государственной системы и смещении начала координат (Рис. 2).

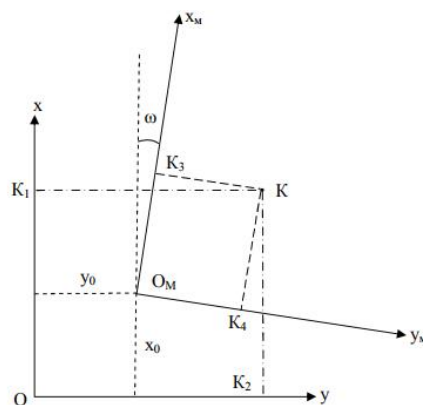


Рис. 2. Второй способ ввода местной системы координат

Во втором способе формулы связи действительных плоских прямоугольных координат в государственной $x=OK_1$, $y=OK_2$ и местной $x_M=O_MK_3$, $y_M=O_MK_4$ системах имеют более простой вид

$$\begin{aligned}x_M &= a_1 x_1 + b_1 y_1 \\ y_M &= -b_1 x_1 + a_1 y_1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a_1 &= \cos \omega (1 + \Delta m) \\ b_1 &= \sin \omega (1 + \Delta m)\end{aligned}$$

Где

$$\begin{aligned}x_1 &= x - x_0 \\ y_1 &= y - y_0\end{aligned}$$

Здесь ω – угол разворота координатных осей местной системы относительно осей государственной системы координат

Δm – относительное изменение масштаба в местной системе координат;

x_0, y_0 – координаты центра местной системы координат относительно центра государственной системы координат.

Во втором способе ввода СКМ параметры перехода ω , Δm , x_0 , y_0 задаются разработчиком системы координат и также, как в первом способе, должны быть закрыты для рядовых пользователей. Этот способ установления местных систем плоских прямоугольных координат может приводить к дополнительным искажениям результатов математической обработки полевых измерений. Причем величина искажений будет возрастать с увеличением площади объекта, на котором установлена СКМ[2].

2 Методы перевычисления координат из одной системы в другую

2.1 Автономное определение координат точек

Автономно координаты определяют пространственной линейной засечкой по кодовым псевдодальностям, измеренным до четырех и большего числа спутников. Способ автономный в том смысле, что наблюдатель определяет местонахождение независимо от измерений на других станциях. Способ чувствителен к любым искажениям. Средние квадратические погрешности (СКП) в дальностях даны в табл.

Таблица 1 -Погрешности в кодовых дальностях

Источник погрешностей	СКП, м
КА - нестабильность частоты, уход шкалы времени	1
КА - эфемериды	1
Атмосфера - задержки в верхних и нижних слоях	4,5
АП - нестабильность частоты, уход шкалы времени, шумы, многолучевость	1,5
SA - избирательный доступ	9,5

Автономное определение координат точек выполняется с помощью спутниковых навигационных систем (СНС). В настоящее время функционируют навигационные системы 1-го поколения ЦИКАДА (Россия) и TRANSIT (США) и системы 2-го поколения ГЛОНАСС (Россия) и NAVSTAR (США). Система NAVSTAR имеет и другое название - GPS (Global Positioning System); спутники СНС NAVSTAR (числом около 20) вращаются вокруг Земли по круговым орбитам на высоте около 20000 км. Наземный командно-измерительный комплекс этой системы включает координационно-вычислительный центр, командно-измерительную станцию, несколько станций слежения (Аляска, Калифорния, Гавайские острова и остров Гуам) и станции закладки служебной информации (в штатах Северная Дакота и Калифорния).

При использовании российских навигационных систем координаты определяемых пунктов получаются в системе координат 1942 года (СНС ЦИКАДА) или в системе СГС-90 (СНС ГЛОНАСС), при использовании американских систем - в системе координат WGS-84.

В спутниковых навигационных системах 1-го поколения для определения местоположения используется эффект сдвига частот радиоизлучения движущегося источника (эффект Доплера). Одно наблюдение спутника позволяет написать уравнение одной линии положения, имеющей форму либо гиперболы (доплеровский дифференциальный метод) либо более сложной кривой изодопы (доплеровский интегральный метод). При n наблюдениях положение наблюдателя получается в одной из точек пересечения n соответствующих гипербол или изодоп.

В период с 1987 по 1993 год для общего повышения точности и однородности государственной геодезической сети СССР создана доплеровская геодезическая сеть из 136 пунктов, равномерно расположенных по всей территории.

В спутниковых навигационных системах 2-го поколения измеряются "дальности", то-есть, расстояния от определяемой точки до спутников, координаты которых известны на любой момент времени. Геометрическая идея такого определения заключается в нахождении положения точки из линейной пространственной засечки; положение точки фиксируется либо тремя прямоугольными координатами X , Y , Z либо геодезическими координатами на эллипсоиде (широтой B и долготой L) и высотой H над поверхностью эллипсоида.

Поскольку при обработке наблюдений спутников приходится учитывать параметр "время", то для однозначного решения засечки требуется наблюдать 4 спутника, расположенных равномерно по азимуту (через 90°) и под углом наклона $\nu = 40^\circ - 60^\circ$ к горизонту (Рис. 3).

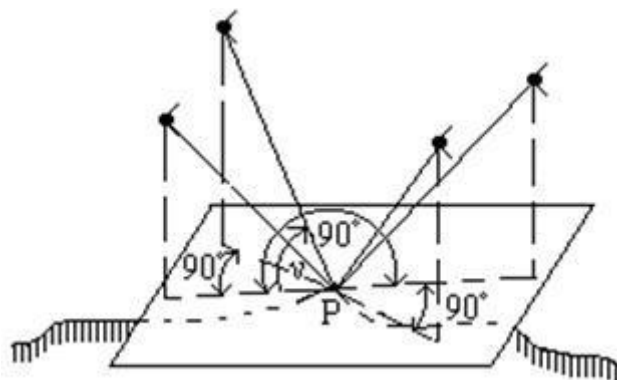


Рисунок 3 - Определение координат точек с помощью спутниковых навигационных систем

В отличие от относительно простой геометрической идеи техническое решение задачи оказалось очень сложным; оно использует новейшие достижения как теории спутниковой геодезии и радиоэлектроники, так и геодезического и электронного приборостроения.

Существуют абсолютный и относительный способы определения координат с помощью СНС; при абсолютном способе получают координаты пункта установки антенны в принятой системе координат; при относительном способе комплект аппаратуры распределяется на два пункта, один из которых имеет известные координаты, и из наблюдений определяют приращения координат между этими пунктами[8].

2.2 Система геодезических координат

Система геодезических координат позволяет однозначно определять положение точки в пространстве тремя величинами: геодезической широтой L , геодезической долготой B и геодезической высотой H .

Если точка расположена на поверхности эллипсоида, то $H = 0$ и ее положение определяют величины B и L . Геодезической широтой L называют угол между нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью геодезического экватора, т.е. плоскостью, проходящей через центр эллипсоида перпендикулярно к его малой оси.

Геодезической долготой L , называют двугранный угол между плоскостью начального геодезического меридиана и плоскостью геодезического меридиана, проходящего через данную точку. Плоскость геодезического меридиана проходит через малую ось эллипсоида.

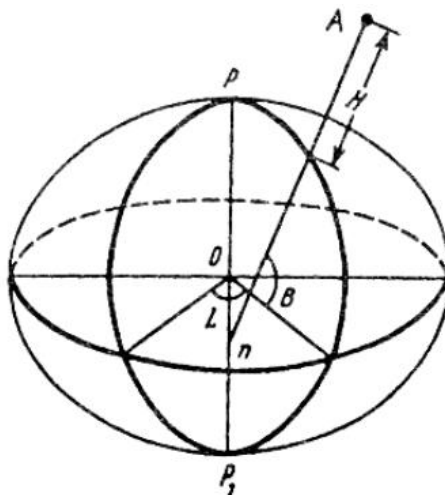


Рисунок 4 – Система геодезических координат

Геодезической высотой H называют расстояние от данной точки до поверхности эллипсоида по нормали к ней. Геодезические координаты вычисляют по результатам геодезических измерений.

Кроме геодезических имеются астрономические координаты φ и λ , определяемые из астрономических наблюдений. Астрономической широтой φ называют угол между отвесной линией, проходящей через данную точку, и плоскостью небесного экватора.

Астрономической долготой λ называют двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью астрономического меридиана данной точки. Плоскость астрономического меридиана проходит через отвесную линию данной точки параллельно оси вращения Земли. Широты B и φ отсчитываются от экватора к полюсам, изменяются от 0° до 90° и считаются положительными для северного полушария (имеют обозначение с.ш.) и отрицательными для южного полушария (ю.ш.) Долготы L и λ отсчитываются от начального меридиана к востоку и западу и измеряются от 0° до 180° . Восточные долготы (в.д.) считаются положительными, западные (з.д.) - отрицательными. Астрономические и

геодезические координаты отличаются вследствие несовпадения отвесных линий и нормалей к поверхности эллипсоида. Это отличие зависит от величины уклонения отвесных линий, среднее квадратическое значение которых для равнинных районов составляет около $5''$, в горных отдельные значения превышают $40''$.

Система прямоугольных пространственных координат XYZ. В этой системе за начало координат принят центр O эллипсоида, ось OZ совпадает с малой осью эллипсоида, ось OX находится на пересечении плоскостей геодезического экватора и начального меридиана, ось OY дополняет систему до правой - в правой системе координат вращение оси OX к OY происходит против часовой стрелки, если смотреть по направлению ZO . Положение точки A в этой системе определяется координатами $x = OA''$, $y = A'A''$, $Z = A'A$.

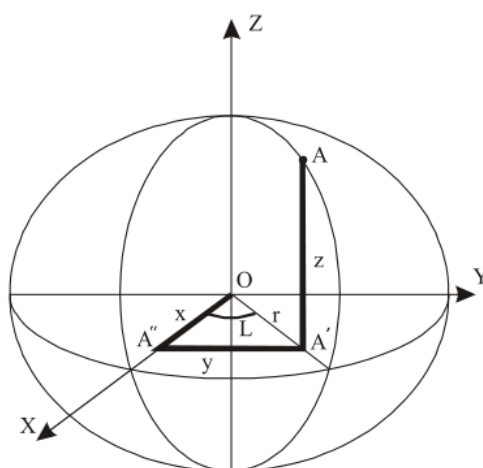


Рисунок 5 – Система прямоугольных пространственных координат XYZ

Плоскими прямоугольными геодезическими координатами (прямоугольными координатами) называются линейные величины – абсцисса и ордината, – определяющие положение точки на плоскости относительно исходных направлений. Исходными направлениями служат две взаимно перпендикулярные линии с началом отсчета в точке их пересечения O .

Прямая XX является осью абсцисс, а прямая YY , перпендикулярная к оси абсцисс, – осью ординат. В такой системе положение любой точки на

плоскости определяется кратчайшим расстоянием до нее от осей координат. Так, положение точки А определяется длиной перпендикуляров x_a и y_a .

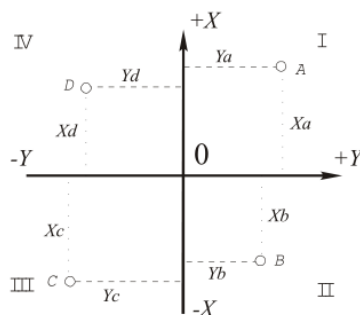


Рисунок 6 – Система плоских прямоугольных координат

Отрезок x_a называется абсциссой точки А, а y_a – ординатой. Выражаются абсциссы и ординаты в линейной мере (обычно в метрах). В геодезии и топографии принята правая система прямоугольных координат: это отличает ее от левой системы координат, используемой в математике. Четверти системы координат (название которых определяется принятыми обозначениями стран света), нумеруются по ходу часовой стрелки.

В такой системе упрощается измерение углов ориентирования. Абсциссы точек, расположенных вверх от начала координат, считаются положительными, а вниз от нее – отрицательными; ординаты точек, расположенных вправо от начала координат, считаются положительными, а влево от нее – отрицательными[11].

Система плоских прямоугольных координат применяется на ограниченных участках земной поверхности, которые могут быть приняты за плоские. Для небольших участков начало отсчета координат может быть в любой точке участка (система с условным началом координат). В государственной системе координат за ось ординат принимают линию экватора, за ось абсцисс – направление меридиана, который называется осевым (он совпадает с направлением одной из осей системы прямоугольных координат). При проведении работ на значительных по площади территориях осевыми выбирают несколько меридианов.

Координаты, началом отсчета которых является какая-либо точка местности, называются топоцентрическими.

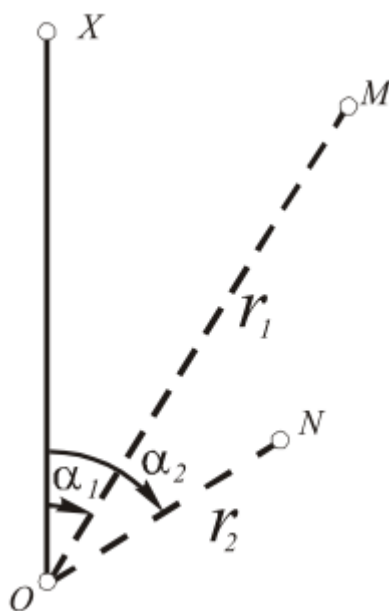


Рисунок 7 – Метод полярных координат

Если на горизонтальной плоскости через произвольно выбранную точку O , называемую полюсом, провести прямую OX , называемую полярной осью, то положение любой точки, например M , будет определяться радиусом- вектором r_1 и углом направления α_1 , а точки N - соответственно r_2 и α_2 . Такие координаты называются полярными. Углы α_1 и α_2 измеряют от полярной оси по ходу часовой стрелки до радиуса-вектора. Полярная ось на плоскости может располагаться произвольно или совпадать с направлением какого-либо меридиана, проходящего через полюс O .

Для определения положения точек физической поверхности Земли недостаточно знать только две их координаты на какой-либо поверхности (широту и долготу, x и y и др.). Необходима третья координата - высота точки H , т. е. расстояние по отвесному направлению от данной точки (или проходящей через нее уровенной поверхности) до уровенной поверхности, принятой за начало счета высот.

Начальной (исходной для счета) поверхностью может быть поверхность геоида (отсчитываемое от нее расстояние называется

ортометрической высотой) или поверхность земного эллипсоида (в этом случае получают геодезическую высоту). Числовое значение высоты точки называется отметкой (отметкой высоты). Высоты, отсчитываемые от основной уровенной поверхности, называют абсолютными высотами (a_A , b_B , c_C), а определяемые относительно произвольно выбранной уровенной поверхности – условными высотами ($b'B$, $c'C$, $c''C$ на том же рисунке). Разность высот двух точек (или расстояние по отвесному направлению между уровенными поверхностями, проходящими через две любые точки Земли) называется относительной высотой или превышением H этих точек ($c''C$).

В СНГ принята Балтийская система высот. Счет высот в этой системе ведут от уровенной поверхности, проходящей через нуль Кронштадтского футштока. Футшток – рейка, устанавливаемая на берегах океанов и морей для наблюдений за уровнем моря. Три величины, две из которых характеризуют положение точки на поверхности, а третья является высотой точки над поверхностью земного эллипсоида, называются геодезическими координатами[13].

2.3 Связь между системами координат, переход из геодезических в прямоугольные координаты

В геодезии широко используются геодезические общеземные (геоцентрические) и референцные системы координат. Все геодезические данные определяются (измеряются или вычисляются) в конкретной геодезической системе координат. Все геодезические данные связаны с положениями конкретных точек в пространстве, в том числе на поверхности Земли. Геодезические данные, относящиеся к точкам в пространстве, могут проектироваться на поверхность эллипсоида, а затем на плоскость проекции. В связи с этим в практической геодезии широко используются

математические системы пространственных прямоугольных координат X, Y, Z , геодезических координат B, L, H и плоских прямоугольных координат x, y .

Геодезические общеземные системы координат основываются на следующих положениях:

- начало математической системы пространственных прямоугольных координат расположено в центре масс Земли;
- ось Z параллельна направлению на Международное условное начало;
- плоскость XOZ параллельна плоскости начального астрономического меридиана.

Референцные геодезические системы координат основаны на двух последних положениях. Начало математической системы пространственных прямоугольных координат в них не совмещают с центром масс Земли. К общеземным (геоцентрическим) системам координат относятся:

- World Geodetic System (WGS-84);
- государственная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ–90);
- геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года»;
- International Terrestrial Reference Frame (ITRF).

Соотношения между геодезическими пространственными и пространственными прямоугольными координатами.

Формулу для вычисления геодезической долготы:

$$\operatorname{tg} L = \frac{Y}{X};$$

Формулу для вычисления расстояния $OK_1 = Q$:

$$Q = \sqrt{X^2 + Y^2};$$

Формулу для вычисления начального значения широты $B^{(1)}$

$$\operatorname{tg} B^{(1)} = \frac{Z}{Q} * \frac{1}{(1 - e^2)};$$

Итерационный процесс по определению геодезической широты ($i=1,2,3$ - номер итерации)

$$W^{(i)} = \sqrt{1 - e^2 \sin^2(B^{(i)})};$$

$$N^{(i)} = \frac{a}{W^{(i)}};$$

$$T^{(i)} = Z + N^{(i)} e^2 \sin(B^{(i)});$$

$$tg B^{(i+1)} = \frac{T^{(i)}}{Q};$$

$$|B^{(i+1)} - B^{(i)}| \leq \varepsilon_B;$$

$$\varepsilon_B = 0.0001'';$$

Определение геодезической высоты

$$H = \frac{Z}{\sin B} - (1 - e^2)N;$$

Определение плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера по геодезическим координатам

Вычисление долготы осевого меридиана L_0 зоны с номером n и получение разности долгот l

$$L_0 = 6^\circ n - 3^\circ;$$

$$l = L - L_0;$$

Определение действительных плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера x, y

$$\begin{aligned} x = X + \frac{N \cos B \sin Bl^2}{2\rho^2} & \left(1 + \frac{l^2 \cos^2(B)}{12\rho^2} (5 - tg^2(B) + 9\eta^2) \right. \\ & \left. + \frac{l^4 \cos^4(B)}{360\rho^2} (61 - 58tg^2(B) + tg^4(B)) + \dots \right); \\ y = \frac{N \cos Bl^2}{\rho^2} & \left(1 + \frac{l^2 \cos^2(B)}{6\rho^2} (1 - tg^2(B) + \eta^2) \right. \\ & \left. + \frac{l^4 \cos^4(B)}{120\rho^2} (5 - 18tg^2(B) + tg^4(B) + 14\eta^2 - 58\eta^2 tg^2(B)) + \dots \right); \end{aligned}$$

$$X = a(1 - e^2)(G_0 * \frac{B}{\rho} + G_1 \sin(2B) + G_2 \sin(4B) + G_3 \sin(6B) + \dots);$$

$$G_0 = 1 + \frac{3}{4}e^2 + \frac{45}{64}e^4 + \frac{175}{256}e^6 + \dots;$$

$$G_1 = -\frac{3}{8}e^2 - \frac{15}{32}e^4 - \frac{525}{1024}e^6 - \dots;$$

$$G_2 = \frac{15}{256}e^4 + \frac{105}{1024}e^6 + \dots;$$

$$G_3 = -\frac{35}{3072}e^6 - \dots;$$

Определение условных плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера

$$x' = x;$$

$$y' = y + n \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^5;$$

Определение сближения меридианов и масштаба изображения в проекции Гаусса – Крюгера

$$\gamma_1 \approx l_1 \sin(B_1);$$

$$R = \sqrt{MN};$$

$$m = 1 + \frac{y^2}{2R^2} + \frac{y^4}{24R^4};$$

где m – масштаб изображения

Связь прямоугольных пространственных общеземных и референчных координат можно описать следующими формулами[1].

Формулы преобразования координат из общеземной системы в референчную:

$$\bar{X} = X + \Delta m X + \omega_z Y - \omega_Y Z + x;$$

$$\bar{Y} = Y + \Delta m Y + \omega_z X - \omega_X Z + y;$$

$$\bar{Z} = Z + \Delta m Z + \omega_Y X - \omega_X Y + z;$$

Параметры эллипсоида- $\omega_X, \omega_Y, \omega_z, \Delta m, x, y, z$

Формулы для обратного преобразования:

$$X = \bar{X} - \Delta m \bar{X} - \omega_z \bar{Y} + \omega_Y \bar{Z} - x;$$

$$Y = \bar{Y} - \Delta m \bar{Y} + \omega_z \bar{X} - \omega_X \bar{Z} - y;$$

$$Z = \bar{Z} - \Delta m \bar{Z} - \omega_Y \bar{X} + \omega_X \bar{Y} - z;$$

Связь геодезических пространственных общеземных и референчных координат.

Геодезические пространственные общеземные координаты находятся по формулам:

$$\bar{B} = B + \Delta B;$$

$$\bar{L} = L + \Delta L;$$

$$\bar{H} = H + \Delta H;$$

Поправки ΔB , ΔL , ΔH находятся по следующим формулам

$$\Delta B = \Delta B_1 + \Delta B_2 + \Delta B_3;$$

$$\Delta B_1 = \frac{c}{M + H} (Y_2 + Y_3);$$

$$\Delta B_2 = (1 + e_{cp}^2 \cos(2B))(-\psi_x \sin(L) + \psi_y \cos(L));$$

$$\Delta B_3 = -c \Delta m e_{cp}^2 \sin(B) \cos(B);$$

$$Y_1 = x \cos(L) + y \sin(L);$$

$$Y_2 = N \sin(B) \cos(B) \left(\frac{\Delta a e_{cp}^2}{a_{cp}} + \left(1 + \frac{N^2}{a_{cp}^2} \right) \left(\frac{\Delta e^2}{2} \right) \right);$$

$$Y_3 = -Y_1 \sin(B) + z \cos(B);$$

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2;$$

$$\Delta L_1 = \frac{c}{(N + H) \cos(B)} (-x \sin(L) + y \cos(L));$$

$$\Delta L_2 = \operatorname{tg}(B) (1 - e_{cp}^2) (\psi_x \cos(L) + \psi_y \sin(L)) - \psi_z;$$

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4;$$

$$\Delta H_1 = -\frac{a_{cp}}{N} \Delta a + N \sin^2(B) \frac{\Delta e^2}{2};$$

$$\Delta H_2 = Y_1 \cos(B) + z \sin(B);$$

$$\Delta H_3 = -e_{cp}^2 N \sin(B) \cos(B) \left(\frac{\psi_x}{c} \sin(L) + \frac{\psi_y}{c} \cos(L) \right);$$

$$\Delta H_4 = \Delta m \left(\frac{a_{cp}^2}{N} + H \right);$$

Формулы обратного перехода от геодезических пространственных общеземных координат к геодезическим пространственным референцным координатам[12]:

$$B = \bar{B} - \Delta B;$$

$$L = \bar{L} - \Delta L;$$

$$H = \bar{H} - \Delta H$$

3 Методы восстановления межевых знаков на земельном участке

3.1 Классификация линейно-угловых ходов

Определение линейно-углового хода можно дать как с позиций геометрии (линейно-угловой ход – это ломаная линия, в которой измеряют длины сторон и углы между ними), так и с позиций метода определения координат пунктов хода (линейно-угловой ход – это последовательность полярных засечек); оба определения являются верными и дополняют одно другое. Классификацию линейно-угловых ходов можно провести по двум параметрам – по геометрическим характеристикам хода и по точности выполняемых в ходе измерений.

В зависимости от формы хода различают:

- стандартный разомкнутый линейно-угловой ход;
- разомкнутый ход с частичной или полной координатной привязкой;
- стандартный замкнутый линейно-угловой ход;
- висячий линейно-угловой ход;
- свободный линейно-угловой ход.

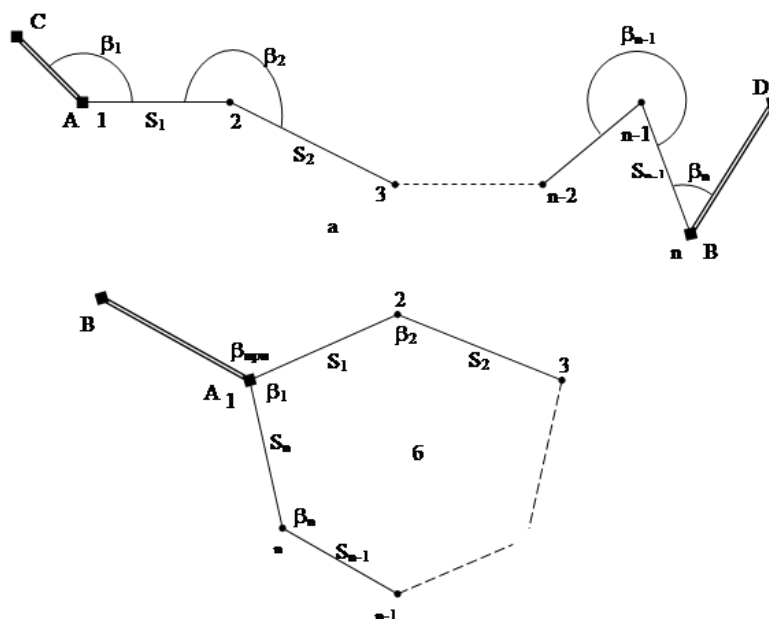


Рисунок 8– Некоторые стандартные формы линейно-угловых ходов

В зависимости от точности измерений углов и расстояний линейно-угловые ходы делятся на две группы – теодолитные ходы и полигонометрические ходы.

Полигонометрические ходы в сетях сгущения бывают 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов.

В государственных геодезических сетях полигонометрические ходы бывают 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов точности; однако, в соответствии с “Основными положениями о государственной геодезической сети РФ” выпуска 2004 года основным способом создания государственных сетей становятся спутниковые измерения, а полигонометрические ходы классной точности могут применяться только в геодезических построениях специального назначения.

Для определения координат нескольких точек можно применить различные способы; наиболее распространенными из них являются линейно-угловой ход, система линейно-угловых ходов, триангуляция, трилатерация и некоторые другие.

Линейно-угловой ход представляет собой последовательность полярных засечек, в которой измеряются горизонтальные углы и расстояния между соседними точками.

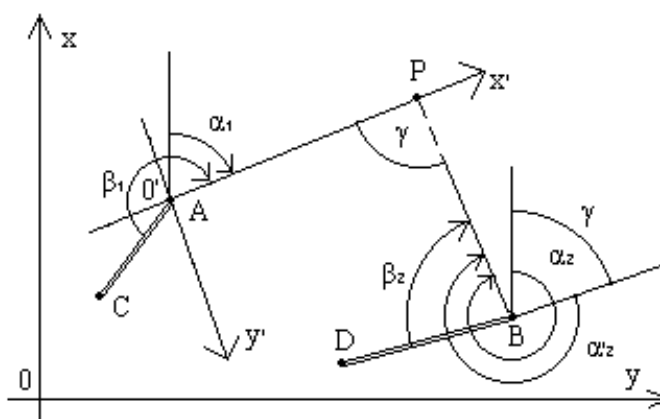


Рисунок 9 – Схема линейно-углового хода

Исходными данными в линейно-угловом ходе являются координаты X_A , Y_A пункта A и дирекционный угол α_{BA} линии BA, который называется

начальным исходным дирекционным углом; этот угол может задаваться неявно через координаты пункта В.

Измеряемые величины - это горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{k-1}, \beta_k$ и расстояния S_1, S_2, S_{k-1}, S_k . Известны также ошибка измерения углов $m\beta$ и относительная ошибка измерения расстояний $mS / S = 1 / T$.

Дирекционные углы сторон хода вычисляют последовательно по известным формулам передачи дирекционного угла через угол поворота

для левых углов :

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{i+1} - 180^\circ ;$$

для правых углов :

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i - \beta_{i+1} + 180^\circ .$$

Для хода на рис. имеем:

Координаты пунктов хода получают из решения прямой геодезической задачи сначала от пункта А к пункту 2, затем от пункта 2 к пункту 3 и так далее до конца хода.

Линейно-угловой ход, изображенный на рис., применяется очень редко, так как в нем отсутствует контроль измерений; на практике, как правило, применяются ходы, в которых предусмотрен такой контроль.

По форме и полноте исходных данных линейно-угловые ходы подразделяются на следующие виды:

1) разомкнутый ход: исходные пункты с известными координатами и исходные дирекционные углы есть в начале и в конце хода;

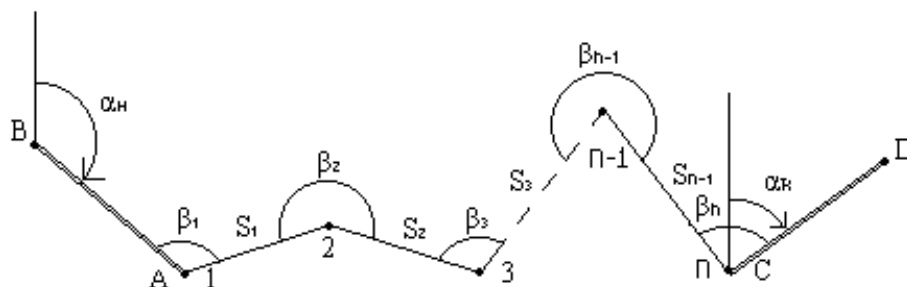


Рисунок 10 –Схема разомкнутого линейно-углового хода

Если в начале или в конце хода нет исходного дирекционного угла, то это будет ход с частичной координатной привязкой; если исходных дирекционных углов в ходе совсем нет, то это будет ход с полной координатной привязкой.

2) замкнутый линейно-угловой ход - начальный и конечный пункты хода совмещены; один пункт хода имеет известные координаты и называется исходным пунктом; на этом пункте должно быть исходное направление с известным дирекционным углом, и измеряется примычный угол между этим направлением и направлением на второй пункт хода.

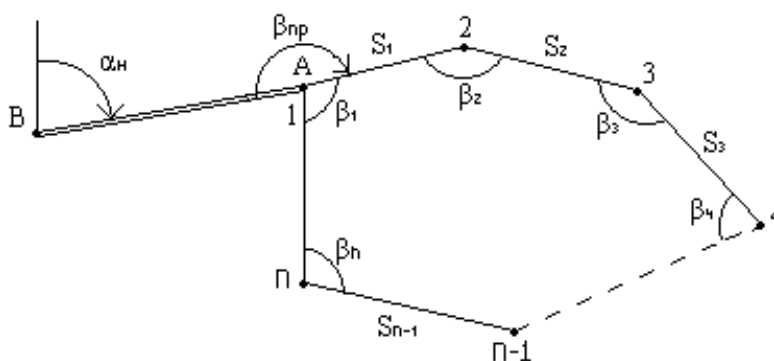


Рисунок 11 – Схема замкнутого линейно-углового хода

3) висячий линейно-угловой ход имеет исходный пункт с известными координатами и исходный дирекционный угол только в начале хода.

4) свободный линейно-угловой ход не имеет исходных пунктов и исходных дирекционных углов ни в начале, ни в конце хода.

По точности измерения горизонтальных углов и расстояний линейно-угловые ходы делятся на две большие группы: теодолитные ходы и полигонометрические ходы.

В теодолитных ходах горизонтальные углы измеряют с ошибкой не более 30"; относительная ошибка измерения расстояний mS/S колеблется от 1/1000 до 1/3000.

В полигонометрических ходах горизонтальные углы измеряют с ошибкой от 0.4" до 10", а относительная ошибка измерения расстояний mS/S

бывает от 1/5000 до 1/300 000. По точности измерений полигонометрические ходы делятся на два разряда и четыре класса[6].

3.2 Земельно-кадастровые геодезические работы

В составе кадастровых работ выделяют земельно-кадастровые работы, обеспечивающие получение сведений о земельной собственности; инженерно-кадастровые работы, в процессе которых получают сведения о зданиях и сооружениях, а также об инженерных сетях, находящихся в собственности, и территориально-кадастровые работы, связанные с получением сведений об улицах, проездах и дорогах, переданных в собственность. Содержание кадастровых работ в зависимости от их вида отражает характерные особенности получения сведений и их информационных преобразований, которые в свою очередь обуславливаются различными точностными и технологическими факторами.

Так, высокая точность определения площади земельных участков небольших размеров является основной особенностью выполнения земельно-кадастровых работ. Среди всех факторов, определяющих характерные особенности получения сведений и информационных преобразований при создании земельного, городского и других кадастров, наиболее существенным является точность.

Точность - это основное требование к достоверности результатов, полученных в процессе информационных преобразований сведений об объектах кадастра, которые регламентируются в нормативно-технических источниках и документах. Однако в этих документах регламентируются требования к точности получения только конечного продукта (например, кадастрового плана) и отсутствуют, как правило, требования к точности получения промежуточных элементов кадастровой информации. Но именно требования к точности промежуточных продуктов информационных преобразований, которые формируются в зависимости от качества исходных

данных, технических средств измерений, производственных условий, определяют выбор технологии производства натурных измерений и обследований.

Точность промежуточных продуктов обеспечивает достоверность отдельных значений показателей, характеризующих объекты недвижимой собственности, таких, как площади земельных участков, жилых помещений, длин линий подземной коммуникации, которые получены в результате геодезических работ, что обуславливает необходимость использования различных технологий производства кадастровых работ.

Кадастровые планы могут составляться на основе топографических планов или без их использования. Поэтому расчет точности создания кадастровых планов должен учитывать многовариантность технологической реализации данного информационного преобразования. Такой расчет может быть выполнен по формуле

$$m_K^2 = m_\Gamma^2 + m_T^2 + m_{OT}^2,$$

где m_K – средняя квадратическая ошибка, характеризующая точность кадастрового плана; m_Γ – средняя квадратическая ошибка, характеризующая точность построения геодезической основы;

m_T – средняя квадратическая ошибка, характеризующая точность составления топографического плана;

m_{OT} – средняя квадратическая ошибка, характеризующая точность отображения контуров объектов кадастра на кадастровом плане.

В настоящее время наиболее изученным видом кадастровых работ являются земельно-кадастровые работы, обеспечивающие формирование различных форм собственности на земельные участки и объекты недвижимости. При этом особое место занимают вопросы необходимой точности определения площадей земельных участков.

Состав и объемы земельно-кадастровых работ не всегда одинаковы и зависят от наличия исходной информации, в частности масштабов имеющихся топографо-картографических материалов.

Межевание земель представляет собой комплекс работ по определению, восстановлению и закреплению на местности границ земельного участка, определению его местоположения и площади.

Для закрепленных на местности межевых знаков определяют координаты методами электронной тахеометрии, спутниковыми геодезическими приемниками, светодальномерами и теодолитами, методом стереофотограмметрии и с помощью других приборов.

Площадь земельного участка вычисляют в основном аналитическими методами по координатам межевых знаков.

В сельской местности площади землепользований и сельскохозяйственных угодий определяют по топографическим картам масштаба 1:10 000, а при отсутствии таковых, по картам масштаба 1:25 000.

Картами 1:5 000 и 1:2 000 обеспечены городские территории, пригородные районы, расположение месторождений полезных ископаемых. Топографические планы крупных масштабов - 1:500 и 1:1 000 имеются на территории городов, расположениях значительных инженерных сооружений и в некоторых иных случаях.

Топографические карты масштабов 1:25 000 и 1:10 000 составлены в проекции Гаусса-Крюгера в пределах шестиградусных зон, а топографические карты масштабов 1:5 000 и 1:2 000 составлены в той же проекции, но в пределах трехградусных зон.

Измеренная на топографических картах площадь или вычисленная по координатам граничных точек участка с учетом поправок, вводимых по формуле, не учитывает рельефа местности, формы которого чрезвычайно разнообразны. Площадь с учетом рельефа (физическая площадь) всегда будет больше, чем геодезическая с учетом поправок. Для земельных участков с сильно пересеченным рельефом возникает необходимость определения

физической площади (фактической), так как различие между геодезической с учетом поправок и физической площадями достигает существенных величин, исчисляемых значениями, превышающими 10 %[3].

3.3 Методы восстановления утраченных знаков

В зависимости от расположения и количества утраченных и сохранившихся межевых знаков, точности геодезической информации, топографических условий местности, восстановление может производиться следующими способами:

1. Угломерных измерений;
2. Линейных измерений;
3. Непосредственного опознавания (дешифрирования) на местности признаков утраченного знака.

Способ угломерных измерений для восстановления утраченных межевых знаков обычно предполагает применение теодолита и мерного прибора (для измерения длины), при этом необходимые угловые и линейные величины по границам берут из ведомостей координат или из плана. Для работы в поле изготавливают чертеж границ, на который выписывают углы и линии по утраченной части границы и на примыкающих к ней линиях с сохранившимися на местности межевыми знаками.

При восстановлении одиночных межевых знаков применяют полярный способ или способ угловых засечек. Полярный способ заключается в построении на сохранившемся межевом знаке B угла β и отложении от знака B на местности расстояния S для определения положения утраченного знака C (Рис. 12).

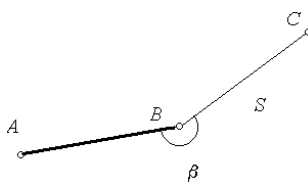


Рисунок 12- Восстановление межевых знаков полярным способом

В зависимости от имеющихся геодезических материалов угол β и расстояние S могут быть взяты из ведомостей координат или вычислены по аналитическим координатам межевых знаков по формулам:

$$\beta = \arctg \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} - \arctg \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B};$$

$$S = \sqrt{(y_C - y_B)^2 + (x_C - x_B)^2}.$$

Точность определения положения межевого знака C будет зависеть от точности определения и построения на местности угла β и расстояния S .

Способ угловых засечек целесообразно применять, когда затруднены линейные измерения между сохранившимися межевými знаками B, D и восстанавливаемым C (Рис. 13). Необходимые углы β_1, β_2 выбирают из ведомости координат или вычисляют по формуле.

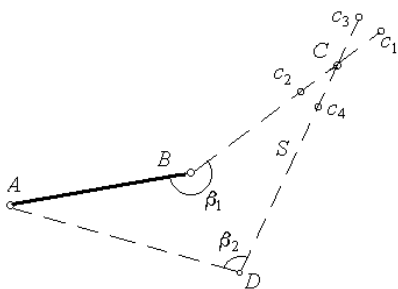


Рисунок 13 - Восстановление межевых знаков способом угловых засечек

На местности, установив теодолит на знаке B , от направления на знак A строят угол β_1 и по полученному направлению в районе расположения знака C обозначают створ вешками c_1 и c_2 . Аналогично, из знака D получают точки c_3 и c_4 . Затем на пересечении створов c_1c_2 и c_3c_4 восстанавливают утраченный межевой знак C .

При необходимости восстановления отдельного звена границы из нескольких смежных знаков целесообразно строить (прокладывать) теодолитный ход.

При восстановлении знаков в закрытой (залесенной или застроенной) местности затрачивается много времени и сил как на прорубку просек, так и на увязку хода в натуре. В этом случае задачу восстановления межевых знаков в точках C и D решают иначе: по координатам точек B и E (Рис. 14),

решением обратной геодезической задачи, вычисляют направление и длину линии BE , а затем по дирекционным углам граничных линий и линии BE вычисляют углы:

$$\phi = (BA) - (BE), \quad \alpha = (BE) - (BC),$$

$$\beta = (BE) - (CD), \quad \gamma = (ED) - (EB).$$

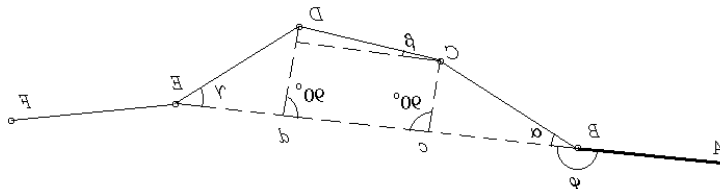


Рисунок 14 – Восстановлении знаков в закрытой местности

Все скобки расшифровывают как в формуле, затем по линии BE вычисляют промеры $Bc = BC \cos \alpha$, $cd = CD \cos \beta$, $dE = DE \cos \gamma$ и перпендикуляры к точкам C и D длиной $Cc = BC \sin \alpha$; $Dd = Cc + CD \sin \beta$. Записывают вычисленные данные на чертеже, согласно которому на местности строят в точке B угол ϕ , провешивают линию BE , отмеряют промер Bc в точке c , строят и откладывают перпендикуляр cC и восстанавливают знак в точке C . Положение знака в точке D находят по промеру Bd и перпендикуляру dD .

Если же и измерение линии BE невозможно или затруднительно, то вспомогательный теодолитный ход между точками B и E прокладывают с одной (двумя) дополнительной точкой Q (Рис. 15).

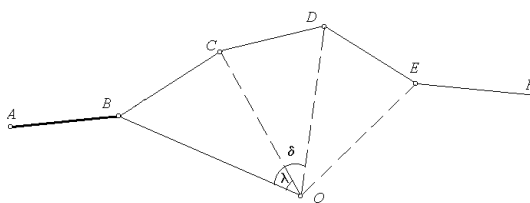


Рисунок 15- Вспомогательный теодолитный ход между точками B и E

Способ линейных измерений (промеров) применяют, если на утраченную часть границы нет геодезических данных (угловых и линейных), а есть лишь графическое изображение ее на плане или фотоплане. Границы в этом случае восстанавливают по точкам на местности, где были граничные знаки, с применением метода промеров между сохранившимися

знаками *B* и *E* и построением перпендикуляров от промеряемой линии *BE* до восстанавливаемых знаков *C* и *D*. Длину промеров *Bc* и *Bd* и перпендикуляров *cC* и *dD* определяют графически по плану. Кроме этого, могут применяться линейные засечки от ближайших четких контурных точек, промеры вдоль линейных контуров ситуации, по створным линиям и т.д.

Границы землепользований восстанавливают с участием представителей всех заинтересованных сторон.

Границы в натуре могут закрепляться следующими стандартными межевыми знаками:

- железобетонными столбами длиной 135–150 см;
- деревянными столбами длиной 135–150 см и диаметром 15–20 см;
- валунами сравнительно правильной формы весом свыше 100 кг;
- кладкой тура в виде усеченного конуса высотой 80 см.

На границе одного и того же землепользования или по смежной границе межевые знаки должны быть единой конструкции.

Для длительной сохранности знаков обычно вокруг столбов оформляют курган с канавкой в виде окружности внутренним диаметром 2.5–2.8 м, внешним – 3.5–3.8 м, глубина канавы 0.3–0.4 м. В верхней части столба, которая возвышается над землей на 0.2 м, выполняется клеймо с государственным гербом. Столб ориентируют в яме таким образом, чтобы клеймо было направлено на следующий по ходу межевой знак.

При использовании валуна, который наполовину закапывают в землю, на нем зубилом выдалбливают углубление, обозначающее центр межевого знака, и, отступив от него, выдалбливают канавки глубиной ≈ 2 см в направлении на последующий и предыдущий знаки.

Межевые знаки устанавливают друг от друга на расстоянии, обеспечивающем взаимную видимость, но не более 1000 м, а в районах с менее интенсивным землепользованием – ≤ 2000 м.

На открытой территории землепользований границы, не совмещенные с живыми урочищами и другими рубежами, пропахивают в одну борозду глубиной ≥ 20 см.

Наиболее надежным способом съемки межевых знаков является проложение по ним теодолитных ходов, привязываемых к пунктам имеющейся геодезической сети (в том числе к существующим межевым знакам, имеющим вычисленные значения координат). Тогда эти знаки в течение многих лет служат геодезическим обоснованием.

Закрепленные на местности границы землепользований показываются и сдаются в натуре представителям землеустроительных хозяйств с оформлением протокола, в котором описывается положение границ на местности. К протоколу прилагается чертеж установленных границ.

После установления границ на местности землепользователю выдается государственный акт на право пользования или владения землей. Координаты межевых знаков должны определяться как можно точнее. Так, по данным служб земель ФРГ средняя квадратическая ошибка определения координат межевых знаков должна составлять 0.03–0.08 м в зависимости от условий местности; для отдельных малоценных земель при отражении на плане точность может быть ниже – порядка 0.65 м.

Границы городских земель определяются с точностью нескольких сантиметров (в пределах 5 см), в пригороде – с точностью съемки (10 см). Точность по площади частных земель 1 м^2 [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение выше сказанному следует отметить, что геодезия и картография имеют огромное научное и практическое значение. Геодезические измерения широко используются в современных научных исследованиях по изучению внутреннего строения Земли и процессов, происходящих на ее поверхности и в недрах. С их помощью фиксируются величины вертикальных и горизонтальных тектонических движений земной коры, изменения береговых линий морей и океанов, колебания уровней последних и т. п.

Карты являются основой для отображения результатов научных исследований и практической деятельности в области геологии, географии, геофизики и других наук.

Геодезия играет важную роль в решении многих задач хозяйства страны: при изысканиях, проектировании и строительстве самых различных сооружений, при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых, при планировке населенных пунктов, земле- и лесоустройстве. Планы, карты профиля и цифровые модели местности используются для отвода земельных участков, уточнения и изменения границ землепользований, внутрихозяйственной организации территорий сельскохозяйственных предприятий, проектирования и вынесения в натуру проектов сельскохозяйственных объектов и решения других задач.

Важная роль отведена геодезии в составлении и ведении ЕГРН, данные которого служат для регулирования земельно-имущественных отношений, планирования сельскохозяйственного производства, обоснования размеров платы за землю, оценки хозяйственной деятельности, а также осуществления других мероприятий, связанных с оборотом объектов недвижимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный стандарт Российской Федерации. Системы координат. Методы преобразования координат. Определения точек. – М.: Госстандарт, 2001
2. Афонин К.Ф. Высшая геодезия. Системы координат и преобразования между ними. Учебно-методическое пособие. Новосибирск: СГГА, 2011.
3. Букринский В.А., Орлов Г.В., Самошкин Е.И. и др. Основы геодезии и маркшейдерского дела. Учеб. для иностр. студ. - М.: Недра, 2008. - 382 с.: ил.
4. Гиршберг М.А. Геодезия. Ч.1. - М.: Недра, 2005. - 384 с.
5. Данилов В.В., Хренов Л.С., Кожевников Н.П. и др. Геодезия. Изд. 2-е, перераб. - М.: Недра, 2012. - 488 с.: ил.
6. Дьяков Б.Н. Геодезия. Общий курс: Учеб. пособие для вузов. - Новосибирск: Изд-во Новосиб ун-та, 2011.- 171 С.
7. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия: Учебн. для вузов. -6-е изд., перераб. и доп. -М.: КолосС, 2006. -598 с
8. Машимов М.М. Высшая геодезия. Методы изучения фигуры Земли и создания общеземной системы геодезических координат: Учебник. – М.: ВИА, 2003. – 552 с.
9. Машимов М.М. Теоретическая геодезия. – М.: Недра, 2009.
10. Миркина, Т.Е. Инженерная геодезия: учебное пособие. Конспект лекций для студентов I курса специальности 270115 «Экспертиза и оценка недвижимости» /Т.Е. Миркина.- Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2007. - 96 с.
11. Неумывалкин Ю. К., Перский М. И. - Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ: Справ. Пособие. - М.: Картгеоцентр - Геоиздат, 2006 - 334 с.: ил.
12. Поклад Г.Г. Геодезия: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 2008. - 304 с.: ил.
13. Селиханович В.Г. Геодезия: Учебник для вузов, Ч.II. - М.: Недра, 2010. - 544 с.