

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 1. Системы координат, государственная система высот**
- 2. Системы координат, применяемые при проведении земельно-кадастровых работ**
- 3. Понятие о государственной геодезической основе**
- 4. Местные системы координат**

Исходная основа для геодезических работ

- Для проведения геодезических работ при землеустройстве используется исходная основа, состоящая из геодезических сетей и топографических карт (планов).

Системы координат, государственная система высот

- Геодезические и картографические работы выполняются с использованием государственных, местных, локальных и международных систем координат и государственной системы высот.
- Государственные системы координат устанавливаются Правительством Российской Федерации.
- Порядок установления местных систем координат определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере геодезии и картографии.
- Локальные системы координат могут устанавливаться и использоваться заинтересованными лицами самостоятельно, в том числе для выполнения геодезических и картографических работ при осуществлении градостроительной деятельности.
- К международным системам координат относятся системы координат, использование которых предусмотрено международными договорами Российской Федерации, и системы координат зарубежных спутниковых навигационных систем.

- Геодезическая сеть представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных и закрепленных на местности специальными центрами и геодезическими знаками.
- Геодезическая сеть подразделяется на государственную геодезическую сеть (ГГС), специальную геодезическую сеть (СГС) и геодезические съемочные сети.
- Все эти сети разделяются на плановые сети и высотные сети.
- ГГС является основой для проведения геодезических работ на всей территории страны.
- Она состоит из сетей различных классов точности:
 - фундаментальная астрономо-геодезическая сеть;
 - высокоточная геодезическая сеть;
 - спутниковая геодезическая сеть 1 класса;
 - астрономо-геодезическая сеть и 2 геодезические сети сгущения.
- Структура ГГС и требования к ее созданию устанавливаются федеральным органом исполнительной власти.

Государственная геодезическая сеть, государственная нивелирная сеть

- Для обеспечения выполнения геодезических и картографических работ создаются и используются государственная геодезическая сеть и государственная нивелирная сеть.
- Государственная геодезическая сеть создается и используется в целях установления государственных систем координат, их распространения на территорию РФ и обеспечения возможности создания геодезических сетей специального назначения.

- Нормы плотности размещения геодезических пунктов утверждаются Правительством РФ.
- Для геодезических работ при землеустройстве, в основном, используются геодезические сети сгущения 3 и 4 классов точности. Плотность пунктов этих сетей составляет 1 пункт на 20км^2 (среднее расстояние между пунктами 3..6км).
- Точность положения пунктов характеризуется средней квадратической погрешностью не более 0,05м. В случаях, когда такая точность и плотность не обеспечивает качественного выполнения геодезических работ, создается специальная геодезическая сеть в виде опорной межевой сети (ОМС).

- В городах для установления (восстановления) границ земельных участков как объектов недвижимости создают ОМС₁, а в черте других поселений и на землях сельскохозяйственного назначения
- ОМС₂. при этом плотность пунктов должна быть не менее:
 - четырех на 1км² – в черте города (ОМС₁);
 - двух на 1км² – в черте других поселений (ОМС₂);
 - четырех на один населенный пункт – в поселениях площадью менее 2км²;
 - на землях сельскохозяйственного назначения и других землях – число
 - пунктов устанавливается на основе технического проекта.
- Средние квадратические погрешности взаимного положения пунктов не должны превышать для ОМС₁ – 0,05м, ОМС₂ – 0,10м.
- В составе государственной геодезической сети могут использоваться дифференциальные геодезические станции.

- Сведения о пунктах ГГС размещаются на официальном сайте федерального органа исполнительной власти, в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" или на официальном сайте подведомственного ему федерального государственного учреждения.
- Правообладатели объектов недвижимости, на которых находятся пункты ГГС обязаны уведомлять федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на оказание государственных услуг в сфере геодезии и картографии, обо всех случаях повреждения или уничтожения указанных пунктов, предоставлять возможность подъезда (подхода) к ним при выполнении геодезических и картографических работ, а также при проведении ремонта и восстановления указанных пунктов.
- В целях обеспечения сохранности пунктов ГГС устанавливаются охранные зоны.
- Исполнители геодезических и картографических работ обязаны уведомлять федеральный орган исполнительной власти о случаях повреждения или уничтожения пунктов ГГС.





Геодезические сети специального назначения

- Для обеспечения выполнения геодезических работ при осуществлении градостроительной и кадастровой деятельности, землеустройства, недропользования, иной деятельности, а также повышения точности результатов указанных работ могут создаваться геодезические сети специального назначения, в том числе сети дифференциальных геодезических станций.
- Создание геодезических сетей специального назначения, в том числе сетей дифференциальных геодезических станций, могут выполнять физические и юридические лица, имеющие лицензию на осуществление геодезической и картографической деятельности
 - (за исключением создания таких сетей для обеспечения выполнения геодезических работ при осуществлении градостроительной деятельности).

- Лица, осуществляющие создание геодезических сетей специального назначения обязаны **составить отчет и каталог координат** пунктов указанной сети и передать такие отчет и каталог в федеральный фонд пространственных данных.
- **Использование геодезической сети** специального назначения допускается после передачи отчета о создании геодезической сети специального назначения и каталога координат пунктов указанной сети в федеральный фонд пространственных данных.
- Информация, получаемая с использованием геодезических сетей специального назначения, в том числе сетей дифференциальных геодезических станций, может **использоваться при осуществлении градостроительной и кадастровой деятельности, землеустройства, недропользования, иной деятельности.**
- **Порядок предоставления** физическим и юридическим лицам информации, полученной с использованием сетей дифференциальных геодезических станций устанавливается федеральным органом исполнительной власти.

Техническое задание на инженерно-геодезические ИЗЫСКАНИЯ

Наименование изыскательской организации

Ответственный представитель Заказчика

Подпись, печать

Заказчик:

Объект:

Местоположение объекта:

Вид и цель работ:

(топографическая съемка, разбивочные работы, исполнительная съемка, обмерные работы, геодезический контроль и пр.)

Система координат и высот:

Основные геометрические параметры объекта:

(границы и площадь съемки, габаритные размеры, протяженность и ширина трассы и т. п.)

Дополнительные сведения по объекту:(наличие наземных и подземных сооружений на территории съемки, зарослей деревьев, коммуникаций и т.п.)

Требования к выполнению работ:

(масштаб и высота сечения рельефа, необходимость съемки подземных и наземных сооружений, требования к геодезическим наблюдениям и т.п.)

Состав, форма и сроки предоставления отчетной документации

Сведения об имеющихся материалах:(копии имеющихся топографических карт, инженерно-топографических планов, ситуационных планов с указанием границ площадок, участков и направлений трасс, генеральных планов (схем) с контурами проектируемых зданий и сооружений)

Системы координат, применяемые при проведении земельно-кадастровых работ

- Положение точек земной поверхности на карте или плане определяют координатами.
- В землеустройстве используют системы:
 - пространственных прямоугольных координат;
 - геодезических (географических) координат;
 - плоских прямоугольных геодезических координат;
 - нормальных высот.
- Перечисленные системы координат тесно связаны с системой геодезических параметров, называемой «Параметры Земли» (ПЗ).
- Она включает в себя: фундаментальные астрономические и геодезические постоянные; параметры общего земного эллипсоида; систему координат; характеристики модели гравитационного поля Земли; элементы трансформирования между ПЗ и национальной референцной системой координат.

Системы координат, применяемые при проведении земельно-кадастровых работ

- К системе ПЗ методологически обоснованно отнесены также детальные характеристики гравитационного поля в Мировом океане (высоты квазигеоида, аномалии силы тяжести и отклонения отвесных линий); карты высот квазигеоида над общим земным эллипсоидом и референц-эллипсоидом Красовского.
- Начальное положение координатных осей ПЗ устанавливали по результатам обширных многолетних астрономических и геодезических измерений и по мере их совершенствования на протяжении многих лет постоянно уточняли.
- В России введена (в 1990 годы) система «Параметры Земли» названная ПЗ-90, в которой местоположения точек земной Поверхности могут быть получены в системе пространственных прямоугольных или геодезических координат.

Система пространственных прямоугольных координат



Рис. 1.2. Пространственные прямоугольные координаты

- За начало координат принимают центр общего земного эллипсоида O (рис. 1.2), совпадающий с центром масс Земли (геоцентрическая система координат).
 - Ось oZ располагается по полярной оси эллипсоида $P_1 OP$ совпадает с направлением из центра масс Земли в Международное условное начало (МУН);
 - ось oX — в плоскости экватора в меридиане PK_1P_1 , который принимают за начальный;
 - ось OY — в плоскости экватора, но в меридиане PKP_1 , плоскость которого составляет с плоскостью начального меридиана угол в 90° .
- Положение точки T поверхности эллипсоида в системе пространственных прямоугольных координат (см. рис. 1.2) определяется координатами: абсциссой $X_t = T_1T_2$; ординатой $Y_t = OT_2$ и аппликатой $Z_t = TT_1$.

- Плоскости меридианов на эллипсоиде параллельны плоскостям одноименных геодезических меридианов точек земной поверхности. Плоскость начального меридиана на общеземном эллипсоиде совпадает с плоскостью ZOX (см. рис. 1.2) пространственной прямоугольной системы координат. Параллели на эллипсоиде лежат в плоскостях, перпендикулярных его малой оси. Линию пересечения эллипсоида с одной из таких плоскостей и проходящей через центр эллипсоида называют *экватором*. Плоскость экватора на общеземном эллипсоиде совпадает с плоскостью XOY пространственной прямоугольной системы координат. Положение точки относительно общеземного эллипсоида задают ее геодезические координаты: геодезическая широта B , геодезическая долгота L и геодезическая высота H (см. рис. 1.3).

- Геодезическая широта B — угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида, проведенной через заданную точку на поверхности Земли, и плоскостью экватора. Геодезической долготой L называют двугранный угол между плоскостью гринвичского (начального) меридиана и плоскостью меридиана данной точки. Геодезической высотой H является отрезок по нормали к эллипсоиду от точки, находящейся на земной поверхности, до поверхности эллипсоида. Геодезические широта, долгота и высота точки A , находящейся на земной поверхности, показаны на рисунке 1.3. Там же изображены нормаль Am и гринвичский меридиан, проходящий через точку G . Напомним, что геодезические широты бывают северные и южные и изменяются от 0° (на экваторе) до 90° (на земных полюсах). Геодезические долготы различают как восточные и западные. Они изменяются от 0° на Гринвичском меридиане до 180° на его тихоокеанской ветви.

- Пространственные прямоугольные координаты точки X, Y и Z связаны с ее геодезическими эллипсоидальными координатами B, L и H следующими соотношениями:
- $X=(N+H)\cos B\cos L$
- $Y=(N+H)\cos B\sin L$
- $Z= [(1-e^2)N+H]\sin B$
- Значение N – радиус кривизны нормального сечения земного эллипсоида плоскостью первого вертикала, вычисляют по известной в геодезии формуле
- $N= a/\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}$ где e – эксцентриситет земного эллипсоида.
- $e^2=2\alpha- \alpha^2$
 - где α —сжатие эллипсоида.
- Эти формулы являются общими для любого общеземного эллипсоида и геоцентрической системы пространственных прямоугольных координат.

Мировая геодезическая система

- «Мировая геодезическая система», в дальнейшем названная «WGS-84», построена на таких же принципах, как и система ПЗ-90. между ними имеются существенные различия: взаимное несоответствие их начал координат и направлений координатных осей. Так, на рисунке 1.4 показаны две системы пространственных прямоугольных координат: первая X_1, Y_1 и Z_1 сначала в точке O_1 и вторая X_2, Y_2 и Z_2 в точке O_2 .

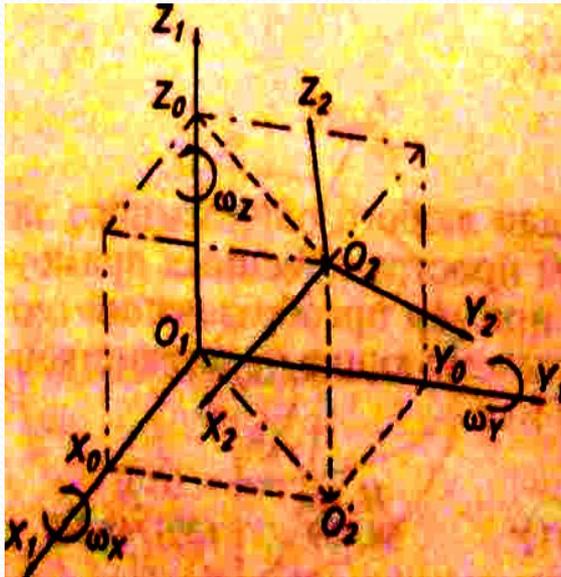


Рис. 1.4. Параметры связи двух пространственных систем прямоугольных координат

- Начало этих систем смещено относительно друг друга вдоль координатных осей на величины X_0 , Y_0 и Z_0 . При этом координатные оси второй системы развернуты относительно первой на углы поворота w_x , w_y и w_z (угол w положительный, если при взгляде с конца положительного направления соответствующей оси на начало координат направление угла поворота направлено против хода часовой стрелки).
- Преобразование координат из системы координат ПЗ-90 в систему WGS-84 осуществляют по формулам.
- Положение точек по высоте характеризуют в системе нормальных высот, исходной точкой которой в России служит нуль Кронштадского футштока, на котором чертой отмечен средний уровень воды в Финском заливе. Высотой точки называют отрезок отвесной линии (расстояние) от этой точки до уровенной поверхности, принятой за начало счета высот.

Понятие о государственной геодезической основе

- **Плоские прямоугольные геодезические координаты.**
- Координатная основа Российской Федерации реализована в виде Государственной геодезической сети (ГГС), закрепляющей систему координат на территории РФ. Систему координат при этом называют геодезической или референцной. За отсчетную поверхность принят ориентированный в теле Земли эллипсоид Красовского. Начало референцной системы координат совпадает с центром эллипсоида. Ось вращения референцной системы параллельна оси вращения Земли. Плоскость нулевого меридиана определяет положение начала счета долгот. Поэтому геодезические координаты одной и той же точки земной поверхности, вычисленные соответственно в общеземной геодезической и референцной системах координат, будут различаться между собой.
- В июне 2000 г. постановлением Правительства Российской Федерации на территории России введена Единая государственная система геодезических координат 1995 г. (СК-95). Система координат 1995 г. строго согласована с системой геодезических параметров «Параметры Земли» ПЗ-90 (через параметры связи между пространственными прямоугольными координатами обеих систем).

- Точность системы геодезических координат СК-95 характеризуется средними квадратичными погрешностями взаимного положения смежных пунктов, равными 2...4 см при расстоянии между ними до нескольких десятков километров и 0,3...0,8 м — при расстояниях от 1 до 9 тыс. км.
- Введение в действие системы СК-95 связано с многочисленными организационно-техническими мероприятиями, требующими для своей реализации длительного времени. Поэтому до окончательного завершения этих мероприятий в Российской Федерации для проведения соответствующих топографо-геодезических и других работ можно использовать ранее установленную единую систему геодезических координат 1942 г. (СК-42).
- Государственная нивелирная сеть распространяет на территории страны систему нормальных высот (Балтийская система), исходным пунктом которой является нуль Кронштадского футштока.

- Если для составления карты на большую территорию строят географическую сетку меридианов и параллелей, то для составления планов и карт в инженерной геодезии чаще всего используют систему прямоугольных координат. Положение точки определяют относительно осей прямоугольных координат: абсцисс x и ординат y . (рис).
-
- Для решения многих задач гораздо удобнее и практичнее перейти от геодезических координат B и L к системе плоских прямоугольных геодезических координат X, Y . При этом должна быть обеспечена однозначная связь геодезических и плоских прямоугольных геодезических координат точек (в дальнейшем плоских прямоугольных координат). Указанной цели достигают, если поверхность общего земного эллипсоида (референц-эллипсоида) изобразить на плоскости по соответствующим математическим правилам, которые образуют так называемые «картографические проекции».

- В РФ с 1928 г. принята равноугольная проекция Гаусса-Крюгера (соответствующая проекции Гаусса-Крюгера система координат называется государственной), при использовании которой, всю земную поверхность делят меридианами на шести- или трехградусные зоны. Шестиградусные зоны нумеруют арабскими цифрами, начиная от гринвичского меридиана, с запада на восток. Так как западная граница первой зоны совпадает с гринвичским (начальным) меридианом, то долготы осевых меридианов зон будут: 3, 9, 15, 21°,... Долготу осевого меридиана можно определить по формуле:
- $L_0 = 6^\circ N - 3^\circ$, где N – номер данной зоны.
- Всего на территории России создано 29 шестиградусных зон с номерами от 4 по 32. системы координат в каждой зоне проекции Гаусса-Крюгера совершенно одинаковы: плоские прямоугольные координаты X и Y, вычисленные по геодезическим (географическим) координатам B и L в любой координатной зоне, имеют одни и те же значения. В проекции Гаусса-Крюгера осевой меридиан, представляющий ось абсцисс (x), и экватор – ось ординат (y), изображаются взаимно перпендикулярными прямыми линиями, а остальные меридианы – кривыми, сходящимися в полюсах.(рис).

- Все абсциссы в северных частях зон (к северу от экватора) положительные. В пределах одной зоны Y изменяется от осевого меридиана на восток с плюсом, к западу – с минусом. чтобы все ординаты были положительные, ко всем ординатам (отрицательным, положительным) прибавляют 500 тыс м. , то есть $Y_{\text{преобразованная}} = N_{\text{зоны}}(500 + Y)$. для полного определения положения точки на земной поверхности впереди изменной ординаты пишут номер зоны. Абсциссы точек на всей территории России положительны, их оставляют без изменения.
- Проекция Гаусса-Крюгера является равноугольной, т.к. в ней не искажаются горизонтальные углы геометрических фигур земной поверхности и не искажаются длины дуг осевых меридианов.

Местные системы координат

- Преобразование координат из одной плоской прямоугольной системы в другую.
- В целях ведения ГКН, составления землеустроительных карт (планов), определения координат границ земельных участков и др. на территории РФ 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 референциальной 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. Рассмотрим порядок преобразования координат по двум связующим точкам.
- Дано: координаты n точек (пунктов) в системе координат первого блока (старая система координат) – $x_1y_1, x_2y_2, \dots, x_ny_n$; координаты тех же точек в системе координат второго блока (новая система координат) — $x_1'y_1', x_2'y_2', \dots, x_n'y_n'$
- Примем, что точки с номерами 1 и 2 являются связующими, т. е. для них известны плоские прямоугольные координаты как в старой, так и новой системах координат.
- Требуется определить координаты оставшихся ($n-2$) точек в новой системе координат — $x_3'y_3', \dots, x_n'y_n'$

- Порядок решения задачи.
- Вычисляют угол разворота (поворота) θ между новой и старой системами плоских прямоугольных координат.
- Решают две обратные геодезические задачи: для отрезка, координаты начальной 1 и конечной 2 точек которого заданы в старой системе координат; для этого же отрезка, но в новой системе координат.
- В результате решения этих задач получают соответствующие дирекционные углы α и горизонтальные приложения S , а именно:
- в старой системе координат — α_1 и S_1 , а в новой - α_2 и S_2 . Угол разворота θ вычисляют по формуле $\theta = \alpha_2 - \alpha_1$.
- 3. Находят масштабный множитель $m = S_2 / S_1$
- а также коэффициенты $K_1 = m \cos \theta$, $K_2 = m \sin \theta$

- 4. Вычисляют преобразованные координаты x', y' соответствующих точек, используя полученные коэффициенты K_1 и K_2 путем последовательного перехода от пункта к пункту по формулам:
 - $X'_j = X'_{j-1} + (X_j - X_{j-1}) * K_1 - (Y_j - Y_{j-1}) * K_2$
 - $Y'_j = Y'_{j-1} + (Y_j - Y_{j-1}) * K_1 - (X_j - X_{j-1}) * K_2$
 - Где $j = 2, 3, \dots, n$.
 - При $j = 1$ $X'_{(j=1)} = X_1$ и $Y'_{(j=1)} = Y_1$.
- В данной задаче первой ($j - 1 = 1$) является начальная точка отрезка, а последней — конечная точка этого же отрезка ($j = n$, $X'_{(j=n)} = X_n$ и
 - $Y'_{(j=n)} = Y_n$).
 - Вычисление преобразованных координат второй связующей точки ($j = n$) — контроль соответствующих вычислений.
- При наличии более чем двух связующих пунктов параметры преобразования вычисляют, как правило, с использованием метода наименьших квадратов при условии: сумма квадратов поправок к координатам связующих пунктов в двух системах координат должна быть минимальной.



Лекция окончена

Благодарю за внимание