

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ

М. Я. Брынь

**КООРДИНАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ**

Учебное пособие

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ПГУПС
2011

УДК 528.48
ББК 65.32-5
Б87

Брынь М. Я.

Б87 Координатное обеспечение государственного кадастра недвижимости: учебное пособие / М. Я. Брынь. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2011. – 25 с.

Изложены требования нормативных документов по созданию государственных геодезических сетей, местных систем координат и выполнению координатного обеспечения кадастра объектов недвижимости и производству топографических съемок.

Предназначено для предаттестационной подготовки слушателей Института повышения квалификации и переподготовки ПГУПС к сдаче квалификационного экзамена на соответствие требованиям, предъявляемым к кадастровым инженерам.

© Петербургский государственный
университет путей сообщения, 2011

© Брынь М. Я., 2011

1 Построение государственной геодезической сети

Государственная геодезическая сеть (далее – ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории и закрепленных на местности специальными центрами, обеспечивающими их сохранность и устойчивость в плане и по высоте в течение длительного времени [2].

ГГС включает в себя также пункты с постоянно действующими наземными станциями спутникового автономного определения координат на основе использования спутниковых навигационных систем с целью обеспечения возможностей определения координат потребителями в режиме, близком к реальному времени.

ГГС предназначена для решения ряда задач, имеющих хозяйственное, научное и оборонное значение, среди которых:

- ✓ установление и распространение единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;
- ✓ геодезическое обеспечение картографирования территории России и акваторий окружающих ее морей;
- ✓ геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов и др.

1.1 Структура и точность государственной геодезической сети по состоянию на 1995 год

ГГС, созданная по состоянию на 1995 год, объединяет в одно целое:

- ✓ астрономо-геодезические пункты космической геодезической сети (далее – АГП КГС);
- ✓ доплеровскую геодезическую сеть (далее – ДГС);
- ✓ астрономо-геодезическую сеть (далее – АГС) 1 и 2 классов;
- ✓ геодезические сети сгущения (далее – ГСС) 3 и 4 классов.

Пункты указанных построений совмещены или имеют между собой надежные геодезические связи.

Космическая геодезическая сеть представляет собой глобальное геодезическое построение. Координаты ее пунктов определены по доплеровским, фотографическим, дальномерным радиотехническим и лазерным наблюдениям искусственных спутников Земли (далее – ИСЗ) системы геодезического измерительного комплекса (далее – ГЕОИК). Точность взаим-

ного положения пунктов при расстояниях между ними около 1...1,5 тыс. км характеризуется средними квадратическими ошибками, равными 0,2...0,3 м. Из всего состава глобальной космической геодезической сети в ГГС по состоянию на 1995 год включены данные о 26 стационарных астрономо-геодезических пунктах, расположенных в границах АГС.

Доплеровская геодезическая сеть представлена 131 пунктом, взаимное положение и координаты которых определены по доплеровским наблюдениям ИСЗ системы «Транзит». Точность определения взаимного положения пунктов при среднем расстоянии между пунктами 500...700 км характеризуется средними квадратическими ошибками, равными 0,4...0,6 м.

Астрономо-геодезическая сеть состоит из 164 306 пунктов и включает в себя (рисунок 1.1):

- ✓ ряды триангуляции 1 класса, сети триангуляции и полигонометрии 1 и 2 классов;
- ✓ траверсы полигонометрии 1 класса, базисы космической триангуляции большой протяженности.

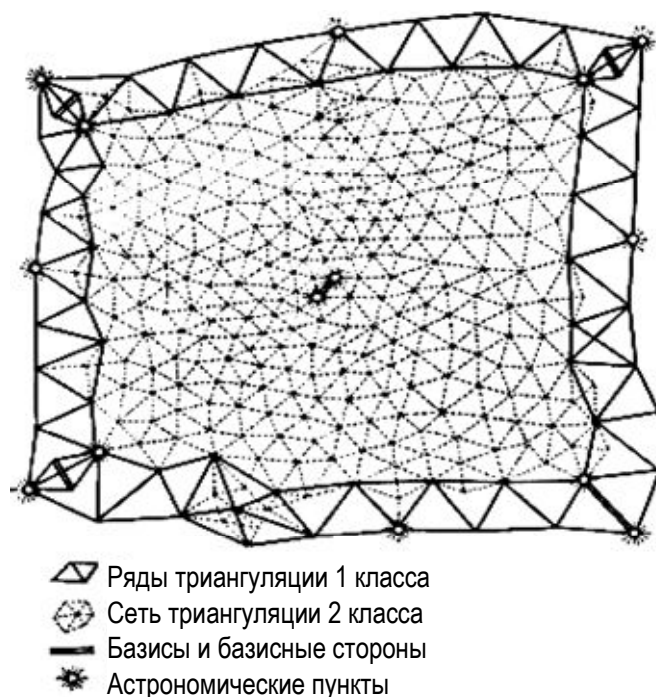


Рисунок 1.1 Схема астрономо-геодезической сети

Точность определения взаимного планового положения пунктов, полученных в результате выполненного в 1991 году общего уравнивания АГС как свободной сети, характеризуется в собственной системе координат средними квадратическими ошибками:

- ✓ 0,02...0,04 м для смежных пунктов;
- ✓ 0,25...0,80 м при расстояниях от 500 до 9 000 км.

Геодезические сети сгущения 3 и 4 классов включают в себя около 300 тысяч пунктов. Эти сети созданы методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации.

Плотность пунктов ГГС 1, 2, 3 и 4 классов, как правило, составляет не менее одного пункта на 50 кв. км.

На пунктах геодезических сетей 1, 2, 3 и 4 классов определены по два ориентирных пункта с подземными центрами.

Существующая плотность ГГС при условии применения современных спутниковых и аэросъемочных технологий обеспечивает решение задач картографирования и обновления карт всего масштабного ряда до 1:500 для городов и 1:2000 для остальной территории.

1.2 Системы отсчета координат и времени

На территории России установлены следующие системы координат [4]:

- ✓ система геодезических координат 1995 года (СК-95) – для геодезических и картографических работ начиная с 1 июля 2002 года;
- ✓ геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90) – для геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

Единая государственная система геодезических координат 1995 года получена в результате совместного уравнивания трех самостоятельных, но связанных между собой геодезических построений различных классов точности: КГС, ДГС, АГС по их состоянию на период 1991–93 годов.

Космическая геодезическая сеть предназначена для задания геоцентрической системы координат, доплеровская геодезическая сеть – для распространения геоцентрической системы координат, астрономо-геодезическая сеть – для задания системы геодезических координат и доведения системы координат до потребителей.

В результате совместного уравнивания КГС, ДГС, АГС и значений радиус-векторов пунктов построена сеть из 134 опорных пунктов ГГС, покрывающая всю территорию при среднем расстоянии между смежными пунктами 400...500 км. Точность определения взаимного положения этих пунктов по каждой из трех пространственных координат характеризуется средними квадратическими ошибками 0,25...0,80 м при расстояниях от 500 до 9000 км.

Абсолютные ошибки отнесения положений пунктов к центру масс Земли не превышают 1 м по каждой из трех осей пространственных коор-

динат. Эти пункты использовались в качестве исходных при заключительном общем уравнивании АГС.

Точность определения взаимного планового положения пунктов, полученная в результате заключительного уравнивания АГС по состоянию на 1995 год, характеризуется средними квадратическими ошибками:

- ✓ 0,02...0,04 м для смежных пунктов;
- ✓ 0,25...0,80 м при расстояниях от 1 до 9 тыс. км.

За отсчетную поверхность в государственной геоцентрической системе координат (ПЗ-90) принят общий земной эллипсоид со следующими геометрическими параметрами:

- ✓ большая полуось 6 378 136 м;
- ✓ сжатие 1:298,257839.

Центр этого эллипсоида совмещен с началом геоцентрической системы координат; плоскость начального (нулевого) меридиана совпадает с плоскостью XZ этой системы.

Система координат 1995 года установлена так, что ее оси параллельны осям геоцентрической системы координат. Положение начала СК-95 задано таким образом, что значения координат пункта ГГС «Пулково» в системах СК-95 и СК-42 совпадают.

За отсчетную поверхность в СК-95 принят эллипсоид Красовского с параметрами:

- ✓ большая полуось 6 378 245 м;
- ✓ сжатие 1:298,3.

Малая полуось эллипсоида совпадает с осью Z , остальные оси системы координат СК-95 лежат в его экваториальной плоскости, при этом плоскость начального (нулевого) меридиана совпадает с плоскостью XZ этой системы.

Положение пунктов ГГС в принятых системах задается следующими координатами:

- ✓ пространственными прямоугольными координатами X, Y, Z ;
- ✓ геодезическими (эллипсоидальными) координатами B, L, H ;
- ✓ плоскими прямоугольными координатами x и y , вычисляемыми в проекции Гаусса – Крюгера.

Система геодезических (географических) координат определяется геодезическими широтой B , долготой L и геодезической высотой H (рисунок 1.2).

Геодезическая широта B – угол между нормалью к поверхности эллипсоида в исследуемой точке и плоскостью экватора.

Геодезическая долгота L – двугранный угол, образованный плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана исследуемой точки.

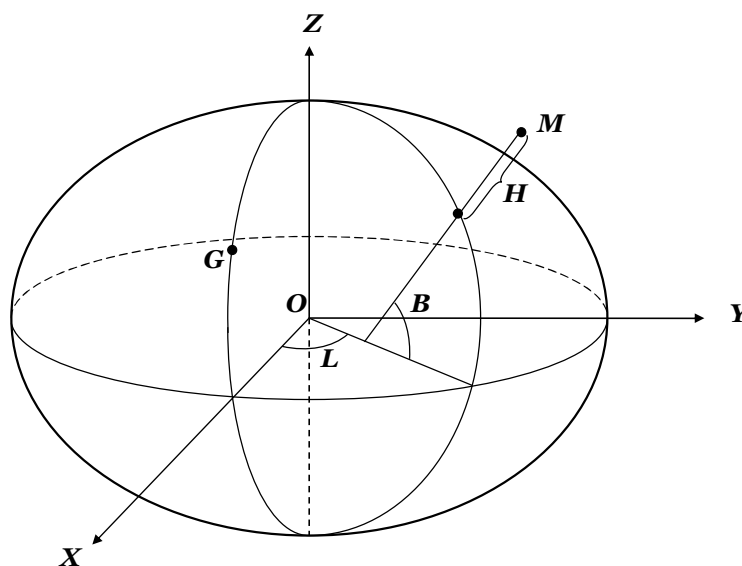


Рисунок 1.2 Геодезические координаты

Широты точек, расположенных в северном полушарии от 0° на экваторе до $+90^\circ$ на Северном полюсе, называют северными, широты точек южного полушария от 0° на экваторе до $+90^\circ$ на Южном полюсе – южными. Долготы точек, расположенных восточнее нулевого меридиана до меридиана 180° , называются восточными, долготы точек, расположенных западнее начального меридиана от 0° на начальном меридиане до 180° на противоположном меридиане, – западными.

Чтобы избежать смены направлений отсчета координат в полушариях, наряду с указанными выше применяют оцифровки координат, изменяющихся по широте от -90° на Южном полюсе, до $+90^\circ$ на Северном полюсе и по долготе – от 0° до 360° : в Восточном полушарии от 0° до 180° и далее в Западном полушарии от 180° до 360° . При этом отпадает необходимость пояснений, в каких полушариях находится исследуемая точка.

Геодезические высоты пунктов ГГС определяют как сумму нормальной высоты и высоты квазигеоида над отсчетным эллипсоидом либо непосредственно методами космической геодезии или путем привязки к пунктам с известными геоцентрическими координатами. Нормальные высоты пунктов ГГС определяют в Балтийской системе высот 1977 года, исходным началом которой является нуль Кронштадтского футштока.

Масштаб ГГС задается Единым государственным эталоном времени-частоты-длины. Длина метра принимается в соответствии с резолюцией XVII Генеральной конференции по мерам и весам (октябрь 1983 года) как расстояние, проходимое светом в вакууме за $1:299\,792\,458$ -ю долю секунды.

1.3 Развитие государственной геодезической сети

Структура ГГС формируется по принципу перехода от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности:

- ✓ фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС);
- ✓ высокоточную геодезическую сеть (ВГС);
- ✓ спутниковую геодезическую сеть 1 класса (СГС-1).

В указанную систему построений вписываются также существующие сети триангуляции и полигонометрии 1...4 классов.

На основе новых высокоточных пунктов спутниковой сети создаются постоянно действующие дифференциальные станции с целью обеспечения возможностей определения координат потребителями в режиме, близком к реальному времени.

Высший уровень в структуре координатного обеспечения территории России занимает фундаментальная астрономо-геодезическая сеть. Она служит исходной геодезической основой для дальнейшего повышения точности пунктов государственной геодезической сети. ФАГС практически реализует геоцентрическую систему координат в рамках решения задач координатно-временного обеспечения (КВО).

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов Роскартографии, формирующих единую сеть на территории Российской Федерации.

В состав постоянно действующих пунктов ФАГС включаются пункты Роскартографии и АГП КГС, а также, по согласованию, расположенные на территории России пункты лазерной локации спутников, сверхдлиннобазисной радиоинтерферометрии, пункты службы вращения Земли и другие пункты спутниковых наблюдений, измерения на которых позволяют поддерживать и уточнять геоцентрическую систему координат. Расстояние между смежными пунктами ФАГС – 650...1000 км.

Второй уровень в современной структуре ГГС занимает высокоточная геодезическая сеть, основные функции которой состоят в дальнейшем распространении на всю территорию России геоцентрической системы координат и уточнении параметров взаимного ориентирования геоцентрической системы и системы геодезических координат.

ВГС представляет собой опирающееся на пункты ФАГС, однородное по точности пространственное геодезическое построение, состоящее из системы пунктов, удаленных один от другого на 150...300 км.

Третий уровень в современной структуре ГГС занимает спутниковая геодезическая сеть 1-го класса, основная функция которой состоит в обеспечении оптимальных условий для реализации точностных и оперативных возможностей спутниковой аппаратуры при переводе геодезического

обеспечения территории России на спутниковые методы определения координат.

СГС-1 представляет собой пространственное геодезическое построение, создаваемое по мере необходимости в первую очередь в экономически развитых районах страны, состоящее из системы легко доступных пунктов с плотностью, достаточной для эффективного использования всех возможностей спутниковых определений потребителями, как правило, со средними расстояниями между смежными пунктами около 25...35 км.

СГС-1 создается относительными методами космической геодезии, обеспечивающими определение взаимного положения ее смежных пунктов со средними квадратическими ошибками $3 \text{ мм} + 1 \times 10^{-7} D$ по каждой из плановых координат и $5 \text{ мм} + 2 \times 10^{-7} D$ по геодезической высоте.

Средняя квадратическая ошибка определения положения пунктов СГС-1 относительно ближайших пунктов ВГС и ФАГС не должна превышать 1...2 см в районах с сейсмической активностью 7 и более баллов и 2...3 см в остальных регионах страны.

На территорию страны составляются и издаются каталоги пунктов ГГС, в основной раздел которых помещаются плоские прямоугольные координаты этих пунктов.

Плоские прямоугольные координаты приводятся в проекции Гаусса – Крюгера с шестиградусными зонами. Осевыми меридианами шестиградусных зон являются: 21, 27, 33, ..., 177°. Началом координат в каждой зоне является точка пересечения осевого меридиана с экватором; значение ординаты на осевом меридиане принимается равным 500 км (рисунок 1.3).

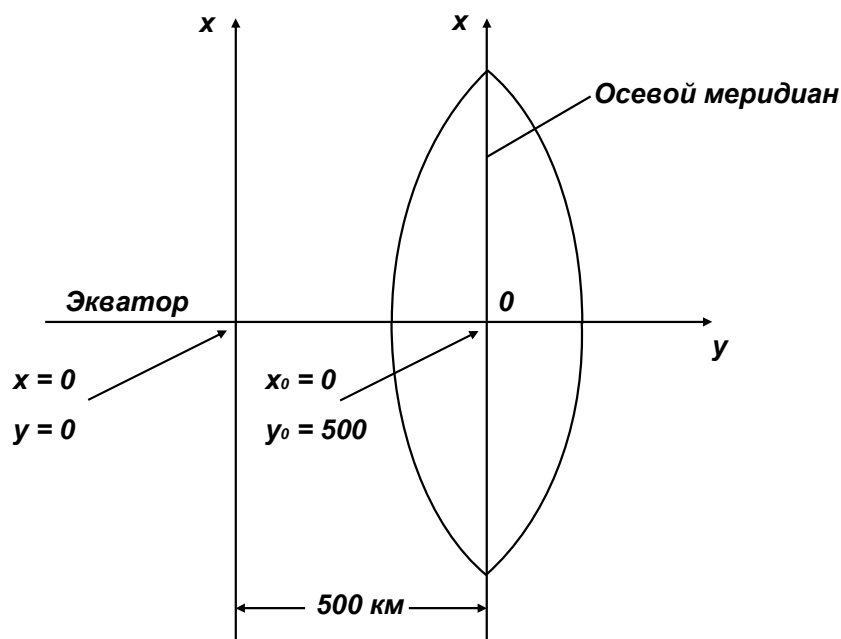


Рисунок 1.3 Изображение координатной зоны на плоскости

Наряду с плановыми координатами в банках данных ГГС помещаются нормальные высоты пунктов и высоты квазигеоида.

2 Местные системы координат

Под местной системой координат понимается условная система координат, устанавливаемая в отношении ограниченной территории, не превышающей территорию субъекта Российской Федерации, начало отсчета координат и ориентировка осей координат которой смещены по отношению к началу отсчета координат и ориентировке осей координат единой государственной системы координат, используемой при осуществлении геодезических и картографических работ (далее – государственная система координат).

Местные системы координат устанавливаются согласно Правилам [5] для проведения геодезических и топографических работ при инженерных изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, межевании земель, ведении кадастров и осуществлении иных специальных работ.

Обязательным требованием при установлении местных систем координат является обеспечение возможности перехода от местной системы координат к государственной системе координат, который осуществляется с использованием параметров перехода (ключей).

Инициаторами установления местных систем координат могут быть федеральные органы исполнительной власти, исполнительные органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления, иные субъекты отношений в области геодезической и картографической деятельности (далее – заказчики).

Местная система координат устанавливается на основании положения об этой системе, утверждаемого заказчиком по согласованию с Федеральным агентством геодезии и картографии (его территориальным органом).

В проекте положения о местной системе координат указываются:

- а) цель установления местной системы координат;
- б) местоположение и площадь территории, в отношении которой устанавливается местная система координат;
- в) перечень параметров перехода (ключи) от местной системы координат к государственной системе координат (координаты начала местной системы координат в государственной системе координат; координаты начала местной системы координат в местной системе координат; долгота осевого меридиана, проходящего через начало местной системы координат; угол поворота осей координат местной системы координат в точке

начала местной системы координат; высота поверхности относимости местной системы координат; система высот).

Установление местной системы координат является основанием для проведения заказчиком работ по формированию каталогов (списков) координат геодезических пунктов в местной системе координат.

Основанием для введения в действие местной системы координат является акт о передаче в Федеральный картографо-геодезический фонд каталогов (списков) координат геодезических пунктов в местной системе координат.

Параметры перехода (ключи) от местной системы координат к государственной системе координат и каталоги (списки) координат геодезических пунктов в местной системе координат хранятся в Федеральном картографо-геодезическом фонде и у заказчика или в уполномоченных им организациях.

3 Топографическая съемка

3.1 Общие сведения о топографической съемке

Топографическая съемка выполняется в соответствии с требованиями Инструкции [1]. Результаты топографических съемок местности – топографические планы – могут быть представлены в графическом виде или в виде цифровой модели местности.

Топографические съемки выполняются следующими методами:

- ✓ стереотопографическим;
- ✓ комбинированным аэрофототопографическим;
- ✓ мензольным;
- ✓ наземным фототопографическим (фототеодолитная съемка);
- ✓ тахеометрическим или теодолитным.

Основными методами съемки являются стереотопографический и комбинированный аэрофототопографический.

За основу разграфки планов масштабов 1:5000 и 1:2000, создаваемых на участках площадью свыше 20 км², как правило, принимается лист карты масштаба 1:100 000, который делится на 256 частей для съемок масштаба 1:5000, а каждый лист масштаба 1:5000 – на девять частей для съемки масштаба 1:2000.

Номенклатура листа масштаба 1:5000 складывается из номенклатуры листа карты масштаба 1:100 000 и взятого в скобки номера листа масштаба 1:5000, например, М-38-112-(124) (рисунок 3.1).

На планах показывается сетка прямоугольных координат, линии которой проводятся через 10 см.

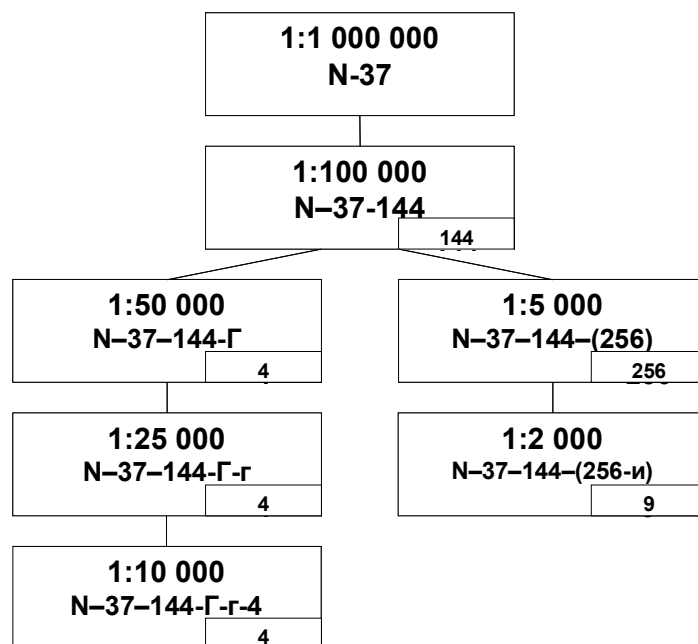


Рисунок 3.1 Схема образования номенклатуры топографических карт и планов

Для топографических планов, создаваемых на города и населенные пункты и на участки площадью менее 20 км², как правило, а для масштабов 1:1000 и 1:500 всегда применяется прямоугольная разграфка с размерами рамок для масштаба 1:5000 – 40×40 см, для масштабов 1:2000, 1:1000 и 1:500 – 50×50 см. В этом случае за основу разграфки принимается лист масштаба 1:5000, обозначаемый арабскими цифрами. Ему соответствуют 4 листа масштаба 1:2000, каждый из которых обозначается присоединением к номеру масштаба 1:5000 одной из первых четырех прописных букв русского алфавита (А, Б, В, Г), например: 4-Б. Листу масштаба 1:2000 соответствуют 4 листа масштаба 1:1000, обозначаемых римскими цифрами (I, II, III, IV), и 16 листов масштаба 1:500, обозначаемых арабскими цифрами (1, 2, 3, 4, 5, ..., 16). Номенклатура листов масштабов 1:1000 и 1:500 складывается из номенклатуры листа масштаба 1:2000 и соответствующей римской цифры для листа масштаба 1:1000 или арабской цифры для листа масштаба 1:500, например: 4-Б-IV, или для 1:500 – 4-Б-16 (рисунок 3.2).

Средние погрешности (ошибки) в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм, а в горных и залесенных районах – 0,7 мм. На территориях с капитальной и многоэтажной застройкой предельные погрешности во взаимном положении на плане точек ближайших контуров (капитальных сооружений, зданий и т. п.) не должны превышать 0,4 мм.

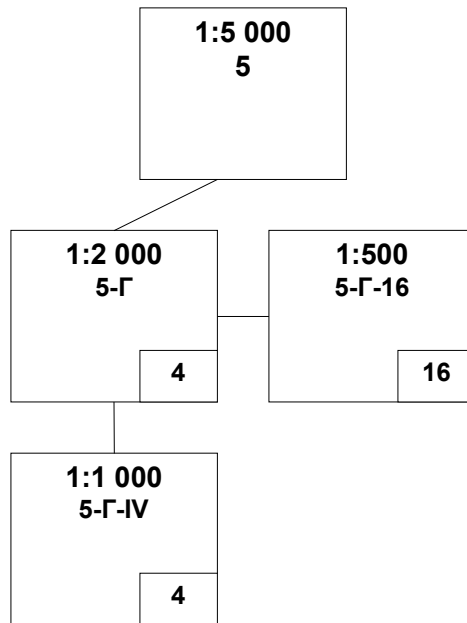


Рисунок 3.2 Схема образования номенклатуры топографических планов

При создании топографических планов, как исключение, допускается меньшая графическая точность. В этих случаях, оговариваемых в технических проектах (программах), топографические планы допускается создавать с точностью планов смежного более мелкого масштаба. Например, планы масштаба 1:5000 могут быть созданы с точностью масштаба 1:10000, а планы масштаба 1:2000 – с точностью масштаба 1:5000.

Геодезической основой крупномасштабных съемок служат:

- а) государственные геодезические сети;
- б) геодезические сети сгущения:
 - ✓ триангуляция 1 и 2 разрядов, полигонометрия 1 и 2 разрядов;
 - ✓ техническое нивелирование;
- в) съемочная геодезическая сеть:
 - ✓ плановые, высотные и планово-высотные съемочные сети или отдельные пункты (точки), а также точки фотограмметрического сгущения.

Сгущение геодезической основы, как правило, производится от общего к частному, от высшего класса (разряда) к низшему. При создании геодезической основы крупномасштабных съемок исходными пунктами для развития построений данного класса (разряда) могут служить, как правило, только пункты геодезических построений высших по точности классов (разрядов).

На застроенных подлежащих застройке территориях городов плотность пунктов государственной геодезической сети должна быть не менее 1 пункта на 5 км².

3.2 Назначение и содержание топографических планов

Топографические планы масштаба 1:500 предназначаются:

- ✓ для составления исполнительного, генерального плана участка строительства и рабочих чертежей многоэтажной капитальной застройки с густой сетью подземных коммуникаций, промышленных предприятий, для решения вертикальной планировки, составления планов подземных сетей и сооружений и привязки зданий и сооружений к участкам строительства на застроенных территориях города;
- ✓ для составления рабочих чертежей плотин головного узла бассейнов суточного регулирования, уравнильных шахт, напорных трубопроводов, зданий ГЭС, порталов туннелей, подходных штретков шахт (для арочных и деривационных ГЭС).

Планы масштабов 1:1000 и 1:500 являются основными планами учета подземных коммуникаций и должны отображать точное плановое и высотное положение всех без исключения подземных коммуникаций с показом их основных технических характеристик.

В зависимости от назначения топографических планов устанавливаются масштабы топографических съемок. При этом предусматривается, что топографическая съемка населенных пунктов в зависимости от типа картографируемой территории выполняется только в двух масштабах:

- ✓ 1:500 и 1:2000 – на территории с многоэтажной застройкой или территории крупнейшего города (I тип);
- ✓ 1:1000 и 1:5000 – на территории с преимущественно одноэтажной застройкой или незастроенной территории (II тип).

На топографических планах масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 достоверно и с необходимой степенью точности и подробности в зависимости от масштаба плана изображаются:

- ✓ пункты геодезической сети;
- ✓ здания и постройки жилые и нежилые с указанием их назначения, материала (для огнестойких) и этажности. Постройки, выражающиеся в масштабе плана, изображают по контурам и габаритам их цоколей. Архитектурные выступы и уступы зданий и сооружений отображаются, если величина их на плане 0,5 мм и более.

На топографических планах помещаются собственные названия населенных пунктов, улиц, железнодорожных станций, пристаней, лесов, песков, солончаков, вершин, перевалов, долин, балок, оврагов и других географических объектов.

3.3 Проектирование топографо-геодезических работ. Закладка центров

Проект геодезических сетей сгущения и съемочных сетей составляется, как правило, на картах масштабов 1:10000–1:25000. Координаты пунктов геодезических сетей определяются методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации или другими геодезическими построениями.

Высоты пунктов геодезических сетей определяются методами геометрического или тригонометрического нивелирования.

Пункты геодезических сетей 2, 3, 4 классов на территориях городов, поселков и промышленных площадок закрепляются центрами.

Пункты съемочных сетей закрепляются на местности знаками, обеспечивающими долговременную сохранность пунктов, и временными знаками с расчетом на сохранность точек на время съемочных работ.

Знаки долговременного типа в теодолитных ходах устанавливаются по 2–3 рядом, чтобы они закрепляли одну или две смежные линии хода через 500–800 м.

Не разрешается производить закладку долговременных знаков на пахотных землях и болотах, проезжей части дорог, вблизи размываемых бровок русел рек и берегов водохранилищ.

Знаки долговременного типа окапываются канавами в виде квадрата со сторонами 1,5 м, глубиной 0,3 м, шириной в нижней части 0,2 м и в верхней части 0,5 м. Над центром насыпается курган высотой 0,10 м. В районах болот, залесенной местности и многолетней мерзлоты курган заменяется срубом (1,0×1,0×0,3 м). Сруб заполняется землей, знак не окапывается.

Временными знаками могут служить пни деревьев, деревянные колья диаметром 5–8 см, столбы или железные трубы (уголковая сталь), забитые в грунт на 0,4–0,6 м, с установленными рядом сторожками. Временные знаки окапываются круглой канавой диаметром 0,8 м.

3.4 Развитие триангуляции 1 и 2 разрядов

Триангуляция 1 и 2 разрядов развивается с целью сгущения геодезических сетей до плотности, обеспечивающей развитие съемочного обоснования крупномасштабных съемок, как правило, в открытой и горной местности или в случаях, если по каким-либо причинам применение метода полигонометрии невозможно или нецелесообразно.

Исходными пунктами для развития триангуляции 1 разряда служат пункты государственной геодезической сети 1–4 классов, а триангуляции 2 разряда – пункты государственной геодезической сети и пункты триангуляции и полигонометрии 1 разряда.

В зависимости от расположения и густоты исходных пунктов на объекте съемки триангуляция 1 разряда развивается в виде сетей, цепочек треугольников и вставок отдельных пунктов в треугольники, образованные пунктами сетей 2–4 классов. Триангуляция 2 разряда развивается в виде сетей, отдельных пунктов или групп пунктов между пунктами сетей 2–4 классов, а также 1 разряда.

Каждый пункт триангуляции 1 и 2 разрядов должен определяться из треугольников, в которых измеряются все углы. Засечками с числом измеренных направлений не менее трех определяются только местные предметы, не доступные для наблюдения.

Примерные схемы построения триангуляции 1 и 2 разрядов приведены на рисунках 3.3–3.5.

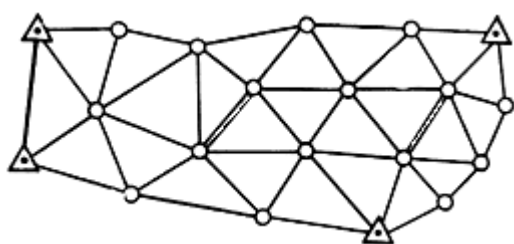


Рисунок 3.3 Сплошная триангуляционная сеть

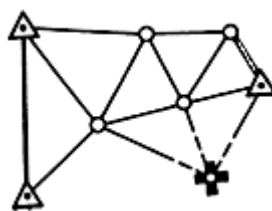


Рисунок 3.4 Цепочка треугольников и засечка

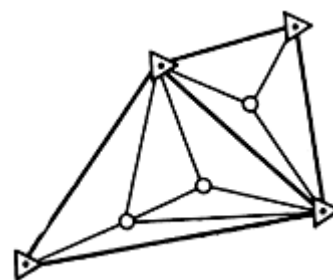


Рисунок 3.5 Вставки

Сплошная сеть триангуляции должна опираться не менее чем на три исходных геодезических пункта и не менее чем на две исходные стороны.

Цепочка треугольников должна опираться на два исходных геодезических пункта и примыкающие к ним две исходные стороны.

В качестве исходных сторон используются стороны полигонометрии или триангуляции 3–4 классов, а также развиваемой триангуляции не короче 1 км, измеренные с относительной погрешностью не ниже указанной в таблице 3.1.

Триангуляция 1 и 2 разрядов должна удовлетворять основным требованиям, изложенным в таблице.

При измерении углов теодолит, установленный на штативе, центрируется над центром пункта триангуляции с точностью не ниже 2 мм.

Таблица 3.1

Показатели триангуляции 1 и 2 разрядов

Показатели	1 разряд	2 разряд
Длина стороны треугольника, км, не более	5,0	3,0
Минимальное допустимое значение угла, угловые градусы:		
в сплошной сети	20	20
связующего в цепочке треугольников	30	30
во вставке	30	20
Число треугольников между исходными сторонами или между исходным пунктом и исходной стороной, не более	10	10
Минимальная длина исходной стороны, км	1	1
Предельное значение средней квадратической погрешности угла, вычисленной по невязкам в треугольниках, угловые секунды	5	10
Предельная допустимая невязка в треугольнике, угловые секунды	20	40
Относительная погрешность исходной (базисной) стороны, не более	1:50000	1:20000
Относительная погрешность определения длины стороны в наиболее слабом месте, не более	1:20000	1:10000

3.5 Развитие полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов

Полигонометрические сети 4 класса, 1 и 2 разрядов создаются в виде отдельных ходов или различных систем ходов.

Отдельный ход полигонометрии должен опираться на 2 исходных пункта. На исходных пунктах необходимо измерять примычные углы.

Проложение висячих ходов не допускается.

При построении полигонометрических сетей 4 класса, 1 и 2 разрядов должны соблюдаться требования, приведенные в таблице 3.2.

Измерение углов на пунктах полигонометрии производится способом измерения отдельного угла или способом круговых приемов, как правило, по трехштативной системе.

Способ круговых приемов применяется, когда число наблюдаемых направлений на пункте более двух.

Результаты измерений отдельных углов или направлений на пунктах полигонометрии должны находиться в пределах допусков, указанных в таблице 3.3.

Теодолит и визирные цели должны устанавливаться над центрами с точностью 1 мм с помощью оптического центрира.

Для измерения линий полигонометрии светодальномерами применяются приборы, обеспечивающие точность измерения линий до 3 см.

Таблица 3.2

Показатели полигонометрических сетей 4 класса, 1 и 2 разрядов

Показатели	4 класс	1 разряд	2 разряд
Предельная длина хода, км:			
отдельного	15	5	3
между исходной и узловой точкой	10	3	2
между узловыми точками	7	2	1,5
Предельный периметр полигона, км	30	15	9
Длины сторон хода, км:			
наибольшая	2,00	0,80	0,35
наименьшая	0,25	0,12	0,08
средняя расчетная	0,50	0,30	0,20
Число сторон в ходе, не более	15	15	15
Относительная погрешность хода, не более	1:25000	1:10000	1:5000
Средняя квадратическая погрешность измерения угла (по невязкам в ходах и полигонах), угловые секунды, не более	3	5	10
Угловая невязка хода или полигона, угловые секунды, не более, где n – число углов в ходе	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$

Таблица 3.3

Допуски на результаты измерения углов

Элементы измерений, к которым относятся допуски	Типы приборов		
	T1 и ему равноточные	T2 и ему равноточные	T5 и ему равноточные
Расхождение между значениями одного и того же угла, полученными из двух полуприемов	6"	8"	0,2'
Колебание значений угла, полученных из разных приемов	5"	8"	0,2'
Расхождение между результатами наблюдений на начальное направление в начале и конце полуприема	6"	8"	0,2'
Колебание значений направлений, приведенных к общему нулю, в отдельных приемах	5"	8"	0,2'

3.6 Создание съёмочной геодезической сети (съёмочного обоснования)

Съёмочная геодезическая сеть создается с целью сгущения геодезической плановой и высотной основы до плотности, обеспечивающей выполнение топографической съёмки.

Съёмочная сеть развивается от пунктов государственных геодезических сетей, геодезических сетей сгущения 1 и 2 разрядов и технического нивелирования.

Пункты съёмочной сети определяются, как правило, проложением теодолитных ходов, прямыми, обратными, комбинированными засечками.

При развитии съёмочной сети одновременно определяются, как правило, положения точек в плане и по высоте.

Предельные погрешности положения пунктов плановой съёмочной сети, в том числе плановых опознаков, относительно пунктов государственной геодезической сети и геодезических сетей сгущения не должны превышать на открытой местности и на застроенной территории 0,2 мм в масштабе плана и 0,3 мм – на местности, закрытой древесной и кустарниковой растительностью.

Развитие съёмочных сетей теодолитными ходами. Засечки

Теодолитные ходы прокладываются с предельными относительными погрешностями 1:3000, 1:2000, 1:1000 в соответствии с таблице 3.4.

Таблица 3.4

Требования к проложению теодолитных ходов

Масштаб	Допустимые длины ходов между исходными пунктами, км, при				
	$m_s = 0,2$ мм			$m_s = 0,3$ мм	
	$\frac{1}{N} = \frac{1}{3000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$
1:5000	6,0	4,0	2,0	6,0	3,0
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,6	1,5
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,5
1:500	0,9	0,6	0,3	–	–

В системах теодолитных ходов предельные допустимые длины ходов между узловыми точками или между исходным пунктом и узловой точкой должны быть на 30% меньше приведенных в таблице 3.4.

Длины сторон в теодолитных ходах не должны быть:

- ✓ на застроенных территориях более 350 м и менее 20 м;
- ✓ на незастроенных территориях более 350 м и менее 40 м.

Допускается проложение висячих теодолитных ходов, длины которых не должны превышать значений, указанных в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Требования к проложению висячих теодолитных ходов

Масштаб съемки	На застроенных территориях, м	На незастроенных территориях, м
1:5000	350	500
1:2000	200	300
1:1000	150	200
1:500	100	150

Число сторон в висячих теодолитных ходах на незастроенной территории должно быть не более трех, а на застроенной – не более четырех.

Стороны теодолитных ходов измеряются, как правило, электронными тахеометрами, светодальномерами либо стальными 20-метровыми лентами, рулетками и другими приборами, обеспечивающими требуемую точность измерений.

Углы в теодолитных ходах измеряются теодолитами не менее 30-секундной точности одним полным приемом. Центрирование теодолитов и марок при этом производится с помощью оптического центрира или отвеса с точностью 3 мм.

Определение точек прямой засечкой производится не менее чем с трех пунктов опорной сети, при этом углы между направлениями при определяемой точке не должны быть менее 30 и более 150°.

Определение точек обратной засечкой производится не менее чем по четырем исходным пунктам при условии, что определяемая точка не находится около окружности, проходящей через любые три исходных пункта.

Комбинированная засечка точки производится сочетанием прямых и обратных засечек с участием не менее трех исходных пунктов.

3.7 Обработка результатов геодезических измерений. Составление каталогов

Математическая обработка геодезических измерений производится в принятой проекции и системе координат и высот. Она содержит следующие виды работ:

- ✓ составление схемы геодезической сети;
- ✓ подготовку и анализ координат и высот исходных пунктов с целью установления их достоверности и точности;

- ✓ перевод координат исходных пунктов из системы в систему;
- ✓ проверку и обработку журналов угловых и линейных измерений, журналов нивелирования;
- ✓ проверку и оформление материалов определения элементов приведения;
- ✓ составление сводок измеренных направлений и углов, зенитных расстояний;
- ✓ вычисление длин линий, измеренных светодальномерами или другими приборами;
- ✓ вычисление угловых, полюсных, линейных, координатных невязок;
- ✓ составление ведомостей превышений;
- ✓ вычисление приближенных координат и высот геодезических пунктов;
- ✓ контроль вычисления привязки стенных знаков к полигонометрическому ходу (для городских работ);
- ✓ подготовку информации для уравнивания и уравнивание сетей преимущественно на ЭВМ;
- ✓ составление объяснительной записки и отчетной схемы;
- ✓ систематизацию материалов и подготовку их к сдаче.

Подготовка данных для ввода в ЭВМ производится с контролем двумя разными исполнителями.

Геодезические построения уравниваются по методу наименьших квадратов.

Геодезические сети сгущения, создаваемые на незначительных площадях (сельские населенные пункты, рабочие поселки и др.), а также теодолитные ходы и другие построения съёмочного обоснования допускается уравнивать упрощенными способами, т. е. производить раздельное уравнивание дирекционных углов, абсцисс и ординат.

Каталоги координат и высот пунктов составляются раздельно в государственной и местной системах координат и содержат:

- ✓ обложку, титульный лист и оглавление;
- ✓ пояснение;
- ✓ список координат и высот пунктов;
- ✓ чертежи центров и реперов;
- ✓ схему геодезической сети;
- ✓ алфавитный указатель пунктов.

Пункты триангуляции в каталоге располагаются по убывающим абсциссам, пункты полигонометрии и реперы нивелирования – по линиям ходов между исходными пунктами.

В каталог значения координат пунктов помещаются с точностью до 0,001 м, а дирекционные углы – до 0,1". Координаты пунктов съемочной сети помещаются с точностью до 0,1 м.

3.8 Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка применяется для создания планов небольших участков как основной вид съемки или в сочетании с другими видами.

Тахеометрическая съемка производится преимущественно электронными тахеометрами.

При тахеометрической съемке плотность пунктов съемочного обоснования должна обеспечивать возможность проложения тахеометрических ходов, отвечающих техническим требованиям, указанным в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Требования к проложению тахеометрических ходов

Масштаб съемки	Максимальная длина хода, м	Максимальная длина линий, м	Максимальное число линий в ходе
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

Углы в тахеометрических ходах измеряются одним полным приемом.

3.9 Особенности съемки застроенных территорий

Съемка контурной части застроенных территорий выполняется также аэрофототопографическим методом на фотопланах с повышенной точностью.

Точность создаваемых фотопланов и планов на застроенные части населенных пунктов должна удовлетворять ряду требований, среди которых основными являются:

- ✓ предельная погрешность в положении контуров с четкими очертаниями относительно точек съемочного обоснования не более 0,5 мм;
- ✓ предельная погрешность взаимного положения близлежащих контуров не более 0,4 мм.

Основным способом съемки является полярный способ, при котором углы измеряются теодолитом при одном положении круга с точностью 1', а расстояния – светодальномером (либо мерной лентой, стальной рулеткой, оптическим или нитяным дальномером).

Съемка застроенных территорий осуществляется также графоаналитическим способом в такой последовательности:

- ✓ определение координат углов кварталов и отдельных капитальных зданий и сооружений при проложении ходов съемочного обоснования и нанесение их на план;
- ✓ обмер габаритов зданий рулеткой;
- ✓ съемка строений и других контуров с пунктов геодезической основы и точек съемочного обоснования и измерение расстояний дальномером, рулеткой или лентой.

При выполнении горизонтальной съемки все данные промеров наносятся на абрис. Перерисовка абриса запрещается.

Составление плана по материалам съемки начинается с нанесения на план линий и всех точек ходов, затем наносят определяемые точки контуров и объектов местности. При этом сначала на план наносят все главные строения и объекты, имеющие значения ориентиров. Внутриквартальная застройка наносится на план после нанесения застройки проездов. В последнюю очередь наносят контуры, определенные с висячих ходов. Правильность нанесения контуров на план контролируется в процессе составления по контрольным промерам, произведенным при съемке.

Составленный план подлежит проверке на местности путем сравнения с натурой и проведения контрольных измерений.

Расхождения между расстояниями, взятыми с плана и полученными при контрольных промерах, не должны превышать 0,4 мм в масштабе плана.

Библиографический список

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1: 500. – М.: Недра, 1985.
2. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации. ГКИНП (ГНТА)-01-006-03. Утверждены приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 17 июня 2003 г. № 101-пр. – М.: ЦНИИГАиК, 2004.
3. О введении местных систем координат. Приказ руководителя Федеральной службы земельного кадастра России № П/256 от 28 марта 2002 г.
4. Постановление Правительства РФ от 28 июля 2000 г. № 568 «Об установлении единых государственных систем координат».
5. Правила установления местных систем координат. Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 3 марта 2007 г. № 139.
6. Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95). ГКИНП (ГНТА)-06-278-04. – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 89 с.

Содержание

1 Построение государственной геодезической сети	3
1.1 Структура и точность государственной геодезической сети по состоянию на 1995 год.....	—
1.2 Системы отсчета координат и времени	5
1.3 Развитие государственной геодезической сети	8
2 Местные системы координат	10
3 Топографическая съемка	11
3.1 Общие сведения о топографической съемке	—
3.2 Назначение и содержание топографических планов	14
3.3 Проектирование топографо-геодезических работ. Закладка центров	15
3.4 Развитие триангуляции 1 и 2 разрядов	—
3.5 Развитие полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов.....	17
3.6 Создание съемочной геодезической сети (съемочного обоснования)	19
3.7 Обработка результатов геодезических измерений. Составление каталогов	20
3.8 Тахеометрическая съемка	22
3.9 Особенности съемки застроенных территорий	—
Библиографический список	23

Учебное издание

М. Я. Брынь

**Координатное обеспечение
государственного кадастра недвижимости**

Учебное пособие

Редактор и корректор *Л. Г. Щёкина*

Компьютерная верстка *М. С. Савастеевой*

Подписано в печать с оригинал-макета 12.05.2011.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага для множ. апп. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,5. Тираж 200 экз.

Заказ

Петербургский государственный университет путей сообщения.
190031, СПб., Московский пр., 9.

Типография ПГУПС. 190031, СПб., Московский пр., 9.

