



Лекция 6 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ

Вопросы:

6.1. Общие сведения о построении государственной геодезической сети

6.1.1. Общие сведения о геодезической сети.

6.1.2. Государственная геодезическая сеть СССР.

6.1.3. Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь.

6.1.4. Закрепление пунктов Государственной геодезической сети на местности.

6.2. Сети сгущения и съёмочные сети.

Литература

1. Юнусов, А.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов. / А.Г. Юнусов. А.Б. Беликов, В.Н. Баранов, Ю.Ю. Каширкин. – М.: Академический проект. 2011. 409 с.
2. Куштин, И.Ф. Геодезия: учебно-практическое пособие. / И. Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов н/Д. Феникс, 2009. – 909 с.
3. Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия : учебник / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. – Минск : Выш. шк., 2011. – 463 с.
4. Назаров, А.С. Координатное обеспечение топографо-геодезических и земельно-кадастровых работ/ А.С. назаров. – Минск: Учебн. центр подгот., повышения квалификации и переподгот. кадров землеустроит. и картогро геод. службы. 83 с.

Вопрос 6.1. Общие сведения о построении государственной геодезической сети.

Вопрос 6.1.1. Общие сведения о геодезической сети.

Геодезическая сеть представляет собой совокупность закрепленных на местности пунктов, для которых в единой системе определены координаты и высоты.

Основной принцип построения геодезической сети – от общего к частному. Он заключается в том, что вначале с высокой точностью определяется взаимное положение сравнительно небольшого числа пунктов, расположенных на большой территории. Затем, используя эти пункты, переходят к построению более густой сети меньшей точности.

Такой метод позволяет быстро распространить единую координатную систему на большие территории, производить съёмку местности одновременно в разных местах, обеспечивает надёжный контроль работ.

Геодезические сети могут быть плановыми, высотными или одновременно теми и другими.

Плановая сеть устанавливает взаимное положение точек на плоскости или на поверхности земного сфероида. Создается она методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и GPS.

При методе *триангуляции* в треугольниках измеряют все углы и минимум две стороны на разных концах сети (вторая сторона для контроля). Остальные стороны вычисляют, используя теорему синусов. Для вычисления координат всех точек надо знать координаты хотя бы одной точки и дирекционный угол одной линии. Метод триангуляции (от лат. *triangulum* –

треугольник) был предложен голландским ученым Снеллиусом около 1610 г.

Метод *полигонометрии* заключается в построении сети ходов, в которых измеряются все углы и стороны. Полигонометрические ходы отличаются от теодолитных более высокой точностью измерений.

Метод *трилатерации* (от лат. *trilaterus* – трехсторонний) отличается от триангуляции тем, что в треугольниках измеряются не углы, а стороны. Для измерения сторон обычно используют электронные дальномеры. Углы вычисляются по измеренным сторонам, например, по теореме косинусов.

В последнее время благодаря бурному развитию космической геодезии появилась возможность определять координаты пунктов и длины линий по наблюдениям искусственных спутников Земли, так называемым GPS-методом. GPS (*Global Positioning System*) в переводе с английского – система глобального позиционирования. Имеет параллельное название – NAVSTAR (*NAVigation Satellite Timing And Ranging*). Запуск спутников первого блока начал в 1978 г. Эксплуатационная готовность объявлена в начале 1995 г.

Параллельно с американской GPS в России развивается система ГЛОНАСС (*ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система*). Разработки начаты в середине 70-х годов. В 1982 г. выведены первые ее спутники серии КОСМОС. В сентябре 1993 г. официально принята в эксплуатацию. В марте 1995 г. Правительство Российской Федерации открыло систему для гражданского применения.

Задача определения координат пунктов GPS-методом в принципе решается следующим образом. Запускаются специальные искусственные спутники Земли на высоту 19100 км (спутник ГЛОНАСС) и 20150 км (спутник GPS) с траекториями в разных плоскостях с таким расчетом, чтобы из любой точки земной поверхности одновременно наблюдалось несколько спутников.

На спутниках устанавливаются передатчики электромагнитных колебаний и атомные часы. За спутниками ведется постоянное наблюдение с опорных пунктов.

Если в какой-то момент времени t одновременно измерить расстояние до спутника от нескольких опорных пунктов, то, решив пространственную засечку, можно определить для этого момента времени пространственные координаты спутника. В результате для любого момента времени координаты спутников будут известными.

Для определения координат создаваемого пункта на земной поверхности устанавливают на нем приемник электромагнитных колебаний, с помощью которого одновременно измеряют расстояния до нескольких спутников.

Зная координаты спутников для данного момента времени и расстояния до них, вычисляют координаты определяемого пункта. Затем от пространственных координат в мировой системе WGS-84 переходят к системе координат, принятой в данном государстве.

Более подробно GPS-метод будет излагаться в дисциплине «Геодезическое обеспечение кадастров».

Высотная геодезическая сеть создана для распространения по всей территории страны единой системы высот. За начало высот принят средний уровень Балтийского моря, отмеченный горизонтальной чертой на металлической пластине, укрепленной в устье моста через обводной канал в

Кронштадте. Высотная сеть создается методами геометрического, тригонометрического и барометрического нивелирования.

Геодезические сети подразделяются на 3 вида:

1. Государственная геодезическая сеть.
2. Геодезические сети сгущения.
3. Съёмочные сети.

Вопрос 6.2.2 Государственная геодезическая сеть СССР.

Государственной геодезической сетью (ГГС) называют сеть закрепленных точек земной поверхности, обеспечивающей распространение координат на территорию государства и являющейся исходной для создания других геодезических сетей.

ГГС является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов.

В настоящее время в Республике Беларусь спутниковыми методами создана новая геодезическая сеть, но значительный объем работ по топографическим съемкам, установлению границ земельных участков выполнен с опорой на пункты ГГС СССР или пункты производных от нее сетей сгущения. Также на ряде предприятий имеются каталоги координат пунктов ГГС СССР. По этой причине специалист должен понимать принципы построения ГГС СССР, ее точность.

Государственная (опорная) геодезическая сеть СССР подразделялась на:

а) сети триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1, 2, 3 и 4 классов;

б) нивелирные сети I, II, III, IV классов.

Триангуляция 1 класса строилась в виде системы замкнутых полигонов периметром 800–1000 км (Рис. 6.1). Полигоны образовывали триангуляционными рядами, которые стремились разместить в направлении меридианов и параллелей. Длина звена около 200 км.

В местах пересечения звеньев измеряли базисные стороны, или строили базисные сети для определения длины выходной стороны. На обоих концах базисных сторон определяли астрономические широты, долготы и азимуты.

В закрытых, залесенных районах звенья триангуляции могли заменяться звеньями полигонометрии I кл.

Триангуляция 2 кл. строилась в виде сплошных сетей треугольников, заполняющих полигоны триангуляции I кл.

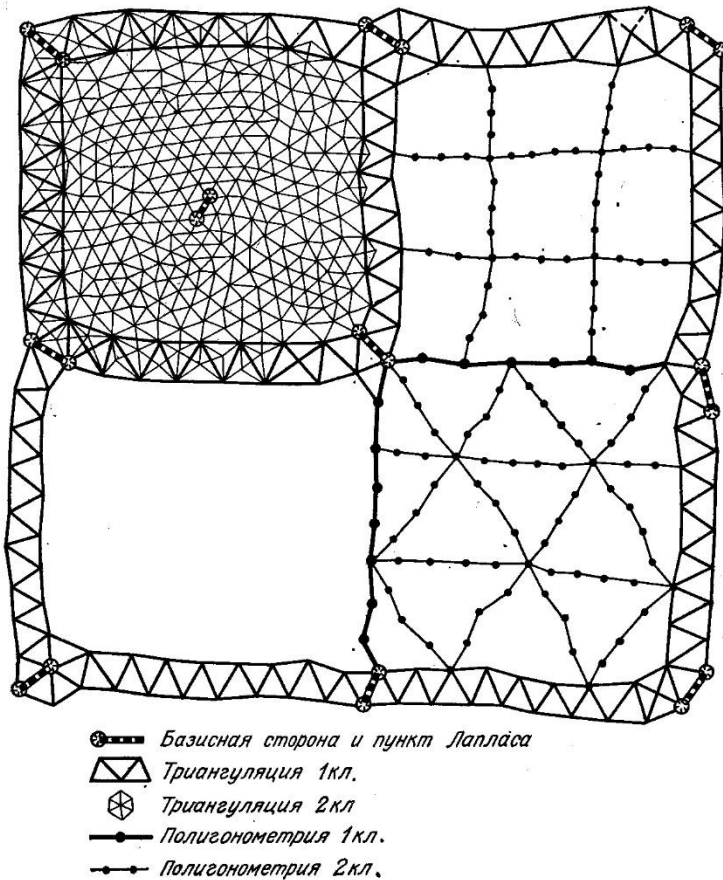


Рис. 6.1. Схема построения Государственной плановой геодезической основы.

Триангуляция 3 и 4 классов является дальнейшим сгущением государственной геодезической сети для целей крупномасштабного картографирования и обоснования строительства.

Иногда по экономическим соображениям триангуляцию любого класса заменяют полигонометрией или триангуляцией того же класса. По точности построения все виды сетей одного и того же класс должны быть равноценными.

На небольших территориях, где нет пунктов 1 и 2 классов разрешается строить самостоятельные сети 3 и 4 классов. При этом в сети триангуляции должно быть измерено не менее двух сторон. В полигонометрической сети периметры полигонов не должны превышать: для 3 класса – 60 км, для 4 класса – 35 км.

Государственная полигонометрия 1 кл. строится в виде ходов, заменяющих ряд триангуляции 1 кл. Полигонометрические сети 2 кл. строятся

по особо разработанной программе.

При построении сетей 3 и 4 кл. прокладывают системы полигонометрических ходов или одиночные ходы, опирающиеся на пункты высшего класса.

Достоинство полигонометрии – простота геометрического построения сетей и большая гибкость, экономия в затратах труда. Недостатки – слабый контроль угловых и линейных измерений, менее равномерная плотность сети по сравнению с триангуляцией.

Основные характеристики плановой государственной сети: S – длина сторон, m_{β} – средняя квадратическая ошибка измерения угла, $f_{\beta_{дон}}$ – допустимая угловая невязка и $m_S:S$ – относительная средняя квадратическая ошибка измерения сторон приведена в табл.9.1

Таблица 6.1. Основные характеристики плановой государственной сети

Класс	Триангуляция				Полигонометрия		Трилатерация
	S , км	m_{β} , "	$f_{\beta_{дон}}$, "	$m_S:S$	m_{β} , "	$m_S:S$	$m_S:S$
1	20	0,7	3	1:400000	0,4	1:300000	
2	7–20	1,0	4	1:300000	1,0	1:250000	
3	5–8	1,5	6	1:200000	1,5	1:200000	1:100000
4	2–5	2,0	8	1:200000	2,0	1:150000	1:40000

Для каждого пункта сети определяется его высота методом геометрического или тригонометрического нивелирования.

Государственная нивелирная сеть является главной высотной основой для решения научных и инженерно-технических задач. Создается методом геометрического нивелирования.

Сети I и II кл. обеспечивают единую систему высот на территории всей страны, а также используются для научных целей. Сети III и IV кл. служат для обеспечения топографических съёмок и решения инженерных задач.

Нивелирные ходы I и II кл. через каждые 50–60 км закрепляются фундаментальными реперами. Ходы всех классов через 5–7 км закрепляются реперами и марками.

Предельные невязки в превышениях нивелирных ходов определяются по формулам

$$\text{I кл. } f_h \leq 3 \text{ мм} \sqrt{L},$$

$$\text{II кл. } f_h \leq 5 \text{ мм} \sqrt{L},$$

$$\text{III кл. } f_h \leq 10 \text{ мм} \sqrt{L},$$

$$\text{IV кл. } f_h \leq 20 \text{ мм} \sqrt{L}.$$

Здесь невязки выражены в миллиметрах, а длина хода L в километрах. Плотность пунктов государственной сети зависит от масштаба съёмки и характеризуется данными табл. 9.2.

Таблица 6.2. Густота пунктов государственной сети

Масштаб съемки	Один пункт на площадь, км ²	Один репер на площадь, км ²
1:25000	50–60	
1:10000	(1, 2, 3 классов)	
1:5000	20–30	10–15
1:2000	5–15	5–7

Рассмотренная ГГС строилась по единой программе на территорию всего Советского Союза в течение многих десятилетий. Она включала около 164 тыс. пунктов 1 и 2 классов. На территории Беларуси таких пунктов было около 2,5 тыс.

Плановые сети в течение многих лет не обновлялись. По своему состоянию и точности они уже не отвечают современным требованиям. Поэтому в России и Республике Беларусь разработаны программы модернизации ГГС на основе спутниковых методов определения координат. Основные положения построения современной ГГС РБ изложены ниже.

Вопрос 6.2.3. Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет собой сеть закрепленных точек земной поверхности, относящейся к территории Республики Беларусь (далее – земная поверхность), положение которых определено в общих для них системах координат.

ГГС предназначена для:

- распространения единых установленных систем координат на территории Республики Беларусь;
- геодезического обеспечения картографирования территории Республики Беларусь;
- геодезического обеспечения изучения земельных ресурсов и землепользования, создания кадастров, строительства, разведки и освоения природных ресурсов Республики Беларусь;
- обеспечения исходными геодезическими данными средств наземной и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред Республики Беларусь;
- изучения поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;
- изучения геодинамических явлений.

ГГС является носителем геодезической системы координат и высот Республики Беларусь. Началом единого отсчета плановых координат служит центр круглого зала Пулковской обсерватории в Санкт-Петербурге. При производстве геодезических и картографических работ государственного назначения на территории Республики Беларусь применяется единая система геодезических координат 1942 года и Балтийская система высот 1977 года. Для вычисления геодезических координат принимаются размеры референц-эллипсоида Ф.Н.Красовского со следующими параметрами: большая полуось – 6378245,000 метра, малая полуось – 6356863,019 метра и сжатие – 1:298,3.

Создание, развитие и поддержание в рабочем состоянии ГГС обеспечивает Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь.

Юридические и физические лица при выполнении геодезических и картографических работ обязаны обеспечивать сохранность геодезических пунктов.

ГГС состоит из взаимосвязанных геодезических сетей различных классов точности, создаваемых по принципу от общего к частному.

ГГС включает:

- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС);
- высокоточную геодезическую сеть (ВГС);
- спутниковую геодезическую сеть 1-го класса (СГС-1);
- геодезические сети сгущения (ГСС).

Плотность пунктов ГГС должна составлять не менее одного пункта на 30 кв. км земной поверхности.

В основу создания ГГС РБ положен принцип сохранения единства геодезических сетей Беларуси и России (Рис. 6.2)

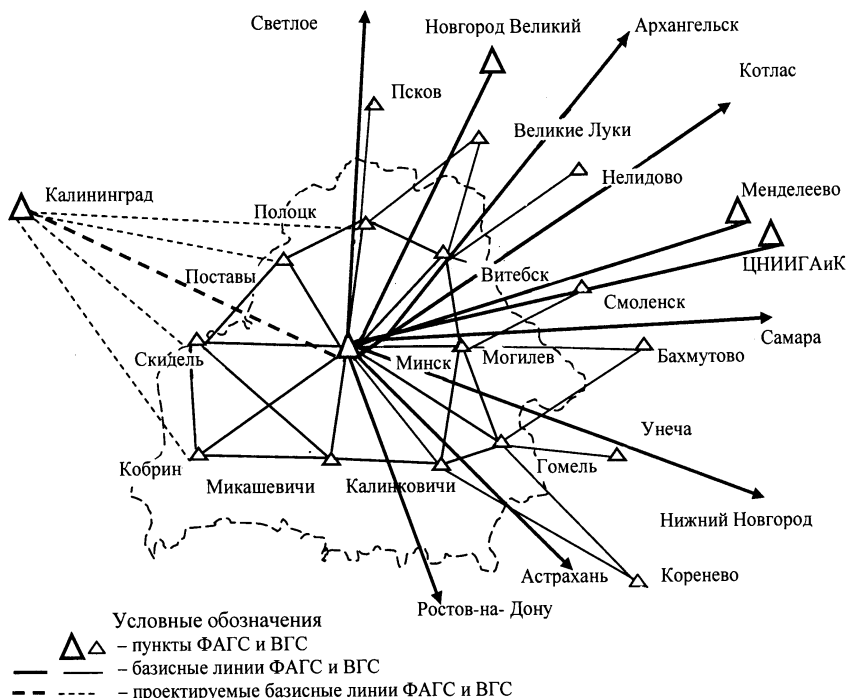


Рис. 6.2. Схема связи государственной геодезической сети Беларуси и России.

На первом этапе развития и модернизации ГГС в течение 2000 г. создан один пункт фундаментальной астрономо-геодезической сети «Минск». Он связан геодезическими измерениями с аналогичными по точности

определения координат геодезическими пунктами на территории Российской Федерации и других сопредельных государств.

Контроль положения основного центра пункта ФАГС относительно его рабочих и контрольных центров должен осуществляться не менее одного раза в 3 года. Допустимое пространственное смещение основного центра относительно его рабочих и контрольных центров не должно превышать ± 3 мм.

Пространственное положение пункта ФАГС относительно геодезических пунктов других государств должно определяться в установленной системе координат с периодичностью не менее 5 лет.

Средняя квадратическая погрешность взаимного положения пункта ФАГС относительно геодезических пунктов других государств не должна превышать ± 2 см по каждой из плановых компонент и ± 3 см – по высотной компоненте с учетом скоростей их изменения во времени.

Пункт ФАГС должен иметь связь не менее чем с четырьмя пунктами астрономо-геодезической сети (АГС). Связь должна устанавливаться относительными методами космической геодезии со средней квадратической погрешностью, не превышающей ± 2 см по каждой из плановых компонент и ± 3 см – по высотной компоненте.

На пункте ФАГС должно выполняться определение нормальных высот нивелированием не ниже II класса точности. Периодичность определений не должна превышать 5 лет.

На одном из рабочих центров пункта ФАГС, как правило, оборудуют постоянно действующую спутниковую станцию.

ФАГС уравнивается в системе координат WGS-84, ошибка взаимного положения пунктов составляет не более 0,5 см по каждой из плановых координат и 1–2 см по геодезической высоте. Средние квадратические погрешности взаимного положения ВГС по каждой из плановых координат не превышают величин 1,5 см и по геодезической высоте 2–3 см.

С сентября 2001 г. на пункте ФАГС «Минск» установлена совмещенная GPS/ГЛОНАСС базовая станция Legasi E GGD, и с этого времени она работает в режиме постоянно действующей (перманентной) станции.

Следующим этапом модернизации ГГС стало создание высокоточной геодезической сети (ВГС), представленной пунктами Поставы, Полоцк, Витебск, Могилев, Гомель, Калинковичи, Микашевичи, Кобрин и Скидель (Рис. 6.2).

ВГС представляет собой пространственное геодезическое построение, опирающееся на пункт ФАГС и геодезические пункты других государств. Расстояние между пунктами ВГС должно составлять 150–300 км.

Средняя квадратическая погрешность определения пространственных прямоугольных координат пунктов ВГС относительно пункта ФАГС и геодезических пунктов других государств не должна превышать $\pm(1-2)$ см – по каждой из плановых компонент и $\pm(2-3)$ см – по высотной компоненте.

Пространственные прямоугольные координаты пунктов ВГС должны определяться в установленной системе координат методами космической геодезии, обеспечивающими точность взаимного положения пунктов со средними квадратическими погрешностями, не превышающими:

- по каждой из плановых компонент величины, определяемой по формуле:

$$m_x = m_y = \pm 3 \text{ мм} + 5 \times 10^{-8} D,$$

- по высотной компоненте величины, определяемой по формуле:

$$m_z = \pm 5 \text{ мм} + 7 \times 10^{-8} D,$$

где D – расстояние между центрами пунктов.

Пункт ВГС должен быть связан геодезическими измерениями с пунктом ФАГС, со всеми смежными пунктами ВГС и не менее чем с двумя ближайшими геодезическими пунктами других государств.

Дальнейшее развитие ГГС на всю территорию Республики Беларусь выполняется специалистами РУП «Белаэрокосмогеодезия». Модернизированные геодезические сети будут служить надежной основой для обороны, научных исследований, обновления карт, проведения землеустроительных, земельно-кадастровых работ и создания геоинформационных систем [18].

Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (СГС-1) представляет собой пространственное геодезическое построение, опирающееся на пункты ФАГС и ВГС.

Расстояние между пунктами СГС-1 должно составлять 15–25 км, а на территориях городов, больших промышленных объектов – 8–12 км.

Средняя квадратическая погрешность определения пространственных прямоугольных координат пунктов СГС-1 относительно ближайших пунктов ФАГС и ВГС не должна превышать ± 3 см – по каждой из плановых компонент и ± 5 см – по высотной компоненте.

Пространственные прямоугольные координаты пунктов СГС-1 должны определяться в установленной системе координат методами космической геодезии, обеспечивающими точность взаимного положения пунктов со средними квадратическими погрешностями, не превышающими:

- по каждой из плановых компонент величины, определяемой по формуле:

$$m_x = m_y = \pm 3 \text{ мм} + 1 \times 10^{-7} D,$$

- по высотной компоненте величины, определяемой по формуле:

$$m_z = \pm 5 \text{ мм} + 2 \times 10^{-7} D,$$

где D – расстояние между центрами пунктов.

Основной пункт и пункты-спутники должны быть объединены в локальную геодезическую сеть.

Пункты-спутники должны располагаться на расстоянии от 500 до 1000 м от основного центра пункта СГС-1. На застроенной и закрытой местности расстояние от основного центра пункта СГС-1 до пунктов-спутников не должно превышать 250 м. Средняя квадратическая погрешность определения расстояния между пунктом-спутником и основным центром пункта СГС-1 не

должна превышать $\pm 0,05$ м при расстоянии от 500 до 1000 м и $\pm 0,01$ м при расстоянии до 250 м.

Часть пунктов СГС-1 должна быть совмещена с пунктами АГС или привязана к ним. Расстояние между пунктами АГС, совмещаемыми с пунктами СГС-1 или привязываемыми к ним, не должно превышать 70 км. Привязка должна осуществляться относительными методами космической геодезии со средними квадратическими погрешностями, не превышающими ± 2 см по каждой из плановых компонент.

Пункты-спутники допускается совмещать с реперами государственной нивелирной сети.

Геодезическая сеть сгущения (ГСС) включает геодезические сети 1–4 классов, построенные в соответствии с требованиями Основных положений о государственной геодезической сети СССР 1954–1961 гг., и новые сети сгущения, построенные в соответствии с требованиями стандарта.

Новые пункты ГСС определяются относительными методами космической геодезии, а также традиционными геодезическими методами: триангуляции, полигонометрии, трилатерации и с применением астрономических измерений.

Средняя квадратическая погрешность определения положения пунктов ГСС относительно ближайших пунктов ФАГС, ВГС, СГС-1 не должна превышать ± 10 см. Средняя квадратическая погрешность определения взаимного положения пунктов ГСС не должна превышать ± 5 см.

Длины сторон ГСС должны находиться в пределах 2–8 км. Нормальные высоты пунктов ГСС должны определяться со средней квадратической погрешностью, не превышающей ± 5 см.

Вопрос 6.1.4. Закрепление пунктов Государственной геодезической сети на местности

В целях долговременной сохранности сетей их пункты закрепляют на местности особо надёжными сооружениями – центрами, в виде бетонных, каменных или кирпичных на цементном растворе монолитов, железобетонных пилонов, бетонированных рельсов или труб. Сверху в них закладывают чугунные марки, имеющие на поверхности отверстие или крест, обозначающие центр пункта. Типы центров установлены соответствующими инструкциями применительно к природно-климатическим условиям региона и местным условиям.

В районах неглубокого промерзания грунта (1,5 м) применяют центр из трех бетонных монолитов (Рис. 6.3). Верхняя марка закладки монолитов находится на глубине 50 см от поверхности. Нижний монолит закладывается на 50 см ниже промерзания грунта. Над центром устанавливается опознавательный бетонный столб.

Для удобства привязки на всех пунктах государственной геодезической сети устанавливается по два ориентирных пункта на расстоянии от него 500–1000 м. На ориентирном пункте закладывается в землю бетонный монолит с маркой, а сверху устанавливается деревянный или бетонный опознавательный столб.

Над центрами пунктов сооружают наружные знаки (Рис. 6.4), которые служат визирными целями при измерении углов и линий (туры, пирамиды, простые сигналы, сложные сигналы).

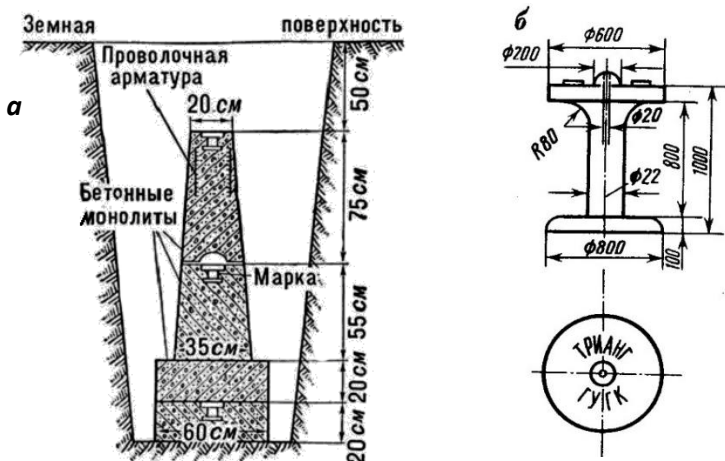


Рис. 6.3. Закрепление на местности пунктов государственной геодезической основы
 а – центр для закрепления пунктов триангуляции; б – чугунная марка.

<p>Рис. 6.4. Геодезический сигнал.</p>	<p>Согласно основным положениям ГГС Республики Беларусь пункт фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) должен иметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основной центр; - не менее четырех рабочих центров; - не менее четырех контрольных центров. <p>Расстояние между основным и каждым из рабочих центров пункта ФАГС, между основным и каждым из контрольных центров пункта ФАГС не должно превышать 20 км.</p> <p>В качестве рабочих и контрольных центров пункта ФАГС рекомендуется использовать вековые и фундаментальные нивелирные реперы.</p>
--	---

Основной, рабочие и контрольные центры пункта ФАГС должны быть объединены в локальную геодезическую сеть.

Пункт ВГС должен иметь:

- основной центр;
- рабочий центр;
- контрольный центр.

Расстояние между основным, рабочим и контрольным центрами пункта ВГС не должно превышать 20 км. В качестве рабочего и контрольного центров пункта ВГС рекомендуется использовать вековые, фундаментальные и грунтовые нивелирные реперы.

Основной, рабочие и контрольные центры пункта ВГС должны быть объединены в локальную геодезическую сеть.

Пункт СГС-1 должен иметь:

- основной центр;
- два пункта-спутника.

Вопрос 6.2. Сети сгущения и съёмочные сети.

Вопрос 6.2.1. Сети сгущения и съёмочные сети

Геодезические сети сгущения создаются на основе государственной сети для обоснования топографических съёмок масштабов 1:5000– 1:5001. При этом в основном применяются те же методы, как и в государственных сетях. Они подразделяются на аналитические сети триангуляции 1 и 2 разрядов, полигонометрические сети 1 и 2 разрядов и сети технического нивелирования. Характеристики плановых сетей приведены в табл. 9.31.

Таблица 6.3. Основные характеристики сетей сгущения

Разр яд	Триангуляция				Полигонометрия			
	S , км	m_{β}	$f_{\beta_{доп}}$	$m_S:S$	$\sum S$, км	m_{β}	$f_{\beta_{доп}}$	$(f_s : \sum S)_{доп}$
1	5	5"	20"	1:50000	5	5"	$10''\sqrt{n}$	1:10000
2	3	10"	40"	1:20000	3	10"	$20''\sqrt{n}$	1:5000

Триангуляция 1 и 2 разряда обычно строится в виде типовых фигур (Рис. 6.5).

- а) – вставка в угол;
- б) – геодезический четырехугольник;
- в) – центральная система;
- г) – цепь треугольников между исходными сторонами;
- д) – цепь треугольников между исходными пунктами.

Могут строиться сети, включающие несколько типовых фигур.

Минимальный угол в сплошной сети 1 и 2 разрядов – 20° , в цепочке треугольников – 30° . Число треугольников между исходными пунктами не более 10. Минимальная длина выходной стороны 1 км.

¹ – в настоящее время сети сгущения включены в ГГС.

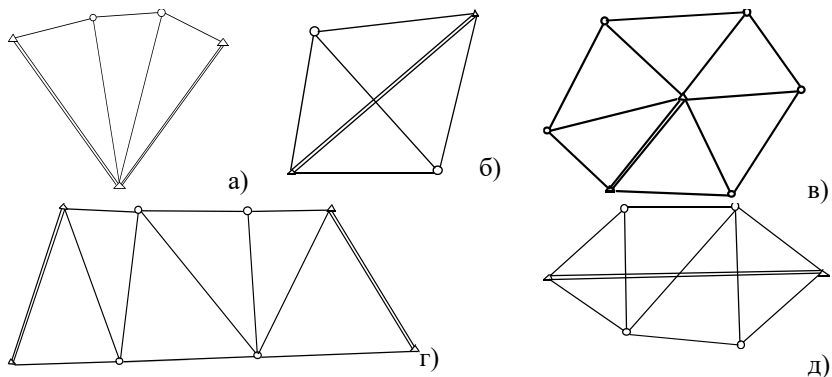


Рис. 6.5. Типовые фигуры триангуляции.

Плановые сети сгущения можно создавать также методом трилатерации, полярно-лучевым методом и др.

Высотные сети сгущения создаются техническим нивелированием. Длины визирного луча допускается до 150 м. Предельная невязка в сумме превышений определяется по формуле

$$f_{h_{\text{дон}}} \leq 50 \text{ мм} \sqrt{L} \quad \text{или} \quad f_{h_{\text{дон}}} \leq 10 \text{ мм} \sqrt{n},$$

где L – длина хода в км,
 n – число станций в ходе.

Съемочные сети являются непосредственной основой съёмок всех масштабов и других геодезических работ. Они могут строиться на основе государственных сетей, сетей сгущения или в условной системе координат.

Точность съёмочных сетей, способы закрепления пунктов и другие требования устанавливаются соответствующими инструкциями.

Средняя ошибка в плановом положении точек съёмочной сети относительно ближайших пунктов государственной геодезической сети не должна превышать 0,1 мм в масштабе плана, а предельная – 0,2 мм.

Средние ошибки высот точек съёмочного обоснования относительно ближайших пунктов государственной геодезической сети в равнинных районах не должны превышать 1/10 высоты сечения рельефа.

При создании плановых съёмочных сетей применяется метод триангуляции, трилатерации, теодолитные хода, полярно-лучевой метод, различные засечки и др.

Высоты точек съёмочного обоснования определяются геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Допустимые невязки в превышениях определяются по формулам:

$$f_{h_{\text{дон}}} \leq 5 \text{ см} \sqrt{L} \quad \text{– при техническом нивелировании;}$$

$f_{h_{\text{дон}}} \leq 10 \text{ см} \sqrt{L}$ – при нивелировании горизонтальным лучом теодолитом или кипрегелем;

$f_{h_{\text{дон}}} \leq 20 \text{ см} \sqrt{L}$ – при тригонометрическом нивелировании.

Следует отметить, что многоуровневый подход построения геодезических сетей приводит к накоплению погрешностей. В традиционных плановых сетях ограничивалась погрешность взаимного положения пунктов или погрешность относительно ближайшего пункта предшествующего класса сети. А реальная погрешность положения пункта (относительно начального пункта Пулково) оказывалась довольно высокой.

Такой подход был оправдан когда геодезические сети использовались преимущественно для обоснования промышленного и гражданского строительства, где требования все требования связаны с погрешностью взаимного положения объектов. При выполнении кадастровых работ важной характеристикой становится общая погрешность положения пункта. В современных условиях спутниковые методы позволяют определять координаты пунктов с погрешностью положения менее 5 см на всей территории Республики Беларусь, что недоступно при использовании традиционных методов: полигонометрии, триангуляции и трилатерации. По этой причине традиционные методы целесообразно использовать только там, где затруднено использование спутниковых методов.