

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СПУТНИКОВЫХ ПРИЕМНИКОВ ПРИ СОЗДАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ СЕТЕЙ СГУЩЕНИЯ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ, КАДАСТРОВЫЕ ИНСТРУКЦИИ, НОРМЫ И ПРАВИЛА

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СПУТНИКОВЫХ ПРИЕМНИКОВ
ПРИ СОЗДАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ СЕТЕЙ СГУЩЕНИЯ

ГККИНП – 01 – 014 – 98

Утвержден Главным управлением геодезии, картографии и государственного кадастра при Кабинете Министров
Республики Узбекистан

ТАШКЕНТ, 1998

Лист утверждения

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ, КАДАСТРОВЫЕ ИНСТРУКЦИИ, НОРМЫ И ПРАВИЛА

"УТВЕРЖДАЮ"

Начальник Главного управления геодезии, картографии и государственного
кадастра при Кабинете Министров Республики Узбекистан

А. А. Абдуазизов

_____ 1998г.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СПУТНИКОВЫХ ПРИЕМНИКОВ
ПРИ СОЗДАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ СЕТЕЙ СГУЩЕНИЯ

ГККИНП – 01 – 014 – 98

Утвержден Главным управлением геодезии, картографии и государственного кадастра при Кабинете Министров
Республики Узбекистан

ТАШКЕНТ, 1998

Лист утверждения к изданию

УДК 528.3: 629.783

Аннотация заполняется после утверждения при издании

А Н Н О Т А Ц И Я

Применение геодезических спутниковых приемников при создании и реконструкции сетей сгущения. – Ташкент: Узгеодезкадастр, 1998. - 47с. (Руководящий технический материал) ГККИНП–01–014–98.

РТМ разработан Главным управлением геодезии, картографии и государственного кадастра (Узгеодезкадастр) на основании приказа № 32-97 от 13.08.97г. Главного управления геодезии, картографии и государственного кадастра.

Составители: Вайсберг Л. Г. (руководитель работ), Артеменко Я. В., Белевич С. В., Нишанбаев Н. М., Мамлиев Ф. Ф., Прошляков О. А., Ташпулатов С. А., Тен Ю. Ч., Травин В. А.

РТМ определяет основные требования к технологии выполнения работ по созданию и реконструкции геодезических сетей сгущения с применением геодезических спутниковых приемников. Описаны этапы проектирования, рекогносцировки, полевых работ, обработки измерений и уравнивания. Изложены некоторые сведения из проекта "Основных положений о государственной геодезической сети Республики Узбекистан".

РТМ рассмотрен и одобрен на заседании Комиссии, созданной на основании приказа по Узгеодезкадастру за № 13-98 от 23.02.98г. Протокол заседания Комиссии № 4 от 29.12.98г.

РТМ утвержден приказом Начальника Узгеодезкадастра №3-99 от 13.01.99г. и вводится в действие с 1.02.99г.

Издается впервые.

Рекомендуется для использования во всех предприятиях, организациях и учреждениях, выполняющих топографо-геодезические, картографические и кадастровые работы.

© Главное управление геодезии, картографии и государственного кадастра при Кабинете Министров Республики Узбекистан, 1998.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящий Руководящий технический материал (РТМ) устанавливает порядок и основные технологические требования проектирования, выполнения полевых измерений, их обработки, и предварительных уравнительных вычислений при создании и реконструкции геодезических сетей сгущения (ГСС), в том числе разрядных и съемочных, на основе использования глобальных спутниковых навигационных систем (СНС) GPS NAVSTAR (США) и ГЛОНАСС (Россия).

1.2. РТМ разработан на основе и в дополнение к следующим действующим нормативным документам и инструкциям:

- 1) Инструкция по построению государственной геодезической сети СССР. – Москва, Недра, 1966.
- 2) Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКИНП-02-033-82). – Москва, Недра, 1982.
- 3) Инструкция по полигонометрии и трилатерации. – Москва, Недра, 1976.
- 4) Руководство по математической обработке геодезических сетей и составлению каталогов координат и высот пунктов в городах и поселках городского типа (ГКИНП-06-233-90). – Москва, ГУГК, 1990.
- 5) Правила закладки центров на пунктах геодезической и нивелирной сетей. – Москва, КГЦ-Геоиздат, 1993.
- 6) Руководство по постройке геодезических знаков. – Москва, Недра, 1969.
- 7) Инструкция по охране геодезических пунктов (ГКИНП-07-11-87). – Москва, Недра, 1987.
- 8) Правила по технике безопасности при проведении топографо-геодезических работ (ПТБ-84). – Москва, Недра, 1984.
- 9) РТМ "Обследование пунктов геодезических сетей на территории городов и других населенных пунктов" (РТМ-7-89-83) №146 от 14.06.1984г.
- 10) Руководство пользователя по использованию GPS-приемника и его программного обеспечения (фирм Ashtech, Leica, Trimble, Zeiss)
- 11) Инструкция по составлению технических отчетов о геодезических, астрономических, гравиметрических и топографических работах. – Москва, Недра, 1971.

12) Инструкция о порядке разработки и утверждения нормативно-технических актов на производство топографо-геодезических, картографических и кадастровых работ (ГККИНП–17–001–96). – Ташкент, НЦГиК, 1996.

2. СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ GPS И ГЛОНАСС

Спутниковые навигационные системы GPS (параллельное название NAVSTAR – NAVigation Satellite Timing And Ranging) и ГЛОНАСС (ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система) применяются для решения навигационных и геодезических задач, а также для точного временного обеспечения пользователей системы. В данном РТМ рассматривается только геодезическое применение СНС при создании и реконструкции сетей сгущения.

2.1. Разработка GPS начата в 70-х годах. Запуск спутников первого блока начат в 1973 году и в 1983 году система открыта для гражданского использования. GPS состоит из трех подсистем (сегментов): космических аппаратов (КА), наземного контроля и управления (НКУ), аппаратуры пользователей (АП).

2.1.1. КА состоит из "созвездия" искусственных спутников Земли и средств вывода их на орбиту. На каждом спутнике установлены солнечные батареи питания, двигатели корректировки орбит, несколько высокоточных атомных эталонов частоты, аппаратура для приема и передачи радиосигналов, бортовые компьютеры

Подсистема КА состоит из 24-х спутников (из них 3 – резервные), расположенных по четыре в шести орбитальных плоскостях, развернутых через 60°. Наклон плоскостей к экватору равен 55°. Орбиты практически круговые. Средняя высота спутников 20180 км, период обращения 11 ч 58 мин, скорость перемещения вдоль орбиты около 3,9 км/с.

Для передачи дальномерных кодов, меток времени, данных о координатах спутника и другой информации (идентификационные признаки, поправки спутниковых часов, поправки за влияние ионосферы и др.) на каждом спутник имеется генератор основных колебаний с частотой 10,23 МГц. Эти колебания излучают на несущих частотах $f_1 = 1575,42$ МГц (L_1) с длиной волны 19,0 см и $f_2 = 1227,60$ МГц (L_2) с длиной волны 24,4 см. Частота L_1 модулирована двумя дальномерными кодами: точным (Precision) P-кодом и легкодоступным (Clear Acquisition) C/A-кодом. Частота L_2 модулирована одним P-кодом. P-код, в отличие от C/A-кода, предназначен для санкционированных (военных) пользователей GPS. В GPS все спутники работают на одних и тех же частотах, но каждый спутник имеет свой код. В любое время, без предварительного уведомления, может быть введен так называемый режим избирательного (селективного) доступа SA (Selective Availability), при котором намеренно с целью понижения точности измерений искажают дальномерный код и эфемериды спутников. Для этих же целей предусмотрен режим дополнительного шифрования A-S (Anti-Spoofing), когда P-код переводится в новый, Y-код.

2.1.2. НКУ состоит из станций слежения за спутниками, службы точного времени, главной станции с вычислительным центром и нескольких станций загрузки информации на спутники. Основной задачей НКУ является мониторинг целостности GPS: контроль за работой спутников, сбор необходимой информации для определения и прогнозирования координат спутников (эфемерид),

формирование времени системы и его синхронизация относительно Всемирного времени, загрузка данных в память каждого спутника (дважды в сутки).

2.1.3. АП состоит из аппаратно-программных средств, реализующих основное назначение СНС: приемник спутниковых сигналов (далее по тексту "приемник") с комплектом дополнительного оборудования и программного обеспечения для обработки спутниковых измерений. GPS-приемники в зависимости от конструкции и встроенного программного обеспечения делятся на два типа: одночастотные, выполняющие измерения только по частоте L_1 (C/A-код, P-код, фаза несущей частоты) и двухчастотные, выполняющие измерения по L_1 и L_2 (P-код, фаза несущей частоты).

2.2. Система ГЛОНАСС по своей структуре, принципам работы и характеристикам аналогична системе GPS и может использоваться совместно с ней.

Первые спутники ГЛОНАСС выведены в 1982 году. В сентябре 1993 года система официально принята в эксплуатацию, в марте 1995 года она открыта для гражданского применения. В январе 1996 года ГЛОНАСС развернута полностью.

2.2.1. Подсистема космических аппаратов ГЛОНАСС состоит из 24-х спутников (из них 3 – резервные), расположенных по восемь в трех плоскостях, развернутых через 120° . Наклон плоскостей орбит к экватору равен $64,8^\circ$. Средняя высота спутников 19150 км, период обращения 11 ч 16 мин. Оснащение спутников такое же как и в GPS, только дополнительно спутники оборудованы отражателями, а наземные станции слежения – лазерными дальномерами.

В ГЛОНАСС основная частота равна 5,11 МГц. Частоты L_1 и L_2 имеют индивидуальные значения для каждого спутника. Они находятся в точном соотношении 9/7, длины волн близки к 18,7 и 24,1 см. В ГЛОНАСС все спутники имеют одинаковые коды: высокой (ВТ) и стандартной (СТ) точности.

Аппаратура пользователей СНС ГЛОНАСС аналогична АП GPS.

Главным преимуществом совместного использования двух систем является значительное увеличение числа наблюдаемых спутников, что позволит повысить точность измерений, их надежность, достоверность при уменьшении времени наблюдений.

2.3. GPS и ГЛОНАСС работают в гринвичской пространственной прямоугольной геоцентрической системе координат. Начало координат расположено в центре масс Земли. Ось Z направлена на условный земной полюс, соответствующий среднему за 1900-1905 гг. его положению, принятому в качестве Международного условного начала. Ось X лежит на пересечении экватора и плоскости гринвичского меридиана, ось Y в плоскости экватора дополняет систему координат до правой. Системы координат GPS и ГЛОНАСС определены независимо друг от друга и отличаются между собой: GPS работает в системе координат WGS-84 (World Geodetic System, 1984), ГЛОНАСС – в системе координат ПЗ-90 (Параметры Земли, 1990). Эти системы основаны на разных эллипсоидах. Параметры эллипсоидов приведены в табл. 1.

Система координат	Полуось а, м	Сжатие
WGS-84	6 378 137	1 : 298,257223563
ПЗ-90	6 378 136	1 : 298,257839303

3. ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ

3.1. В СНС координаты наземных пунктов определяются способом обратной пространственной линейной засечки, где измеряются искаженные погрешностями дальности (так называемые псевдодальности) от приемника до спутника. Псевдодальности определяются на основе беззапросных измерений по дальномерным кодам и сдвигам фаз несущих частот (доплеровский сдвиг частот, доплеровский эффект): приемник принимает электромагнитные колебания со спутника, сравнивает их с выработанными в приемнике и определяет дальность до спутника. Источники погрешностей при измерениях следующие: ошибки эфемерид, ошибки часов спутника и приемника и их несинхронность, атмосферные влияния (ионосферы и тропосферы), многопутность (multipath) сигнала (искажение принимаемого сигнала при его отражении от какой-либо поверхности), собственные шумы приемника и другие. Для исключения погрешностей координаты вычисляются по измерениям от нескольких (трех-четырех) спутников. Точность такого абсолютного определения координат для гражданских пользователей 25-100 м (так называемый навигационный режим). Для геодезического применения СНС используется относительный метод определения координат.

3.2. Технология относительного метода определения координат местоположения (относительного позиционирования) заключается в одновременном выполнении спутниковых измерений двумя (и более) приемниками. Так, если один приемник установлен на пункте с известными координатами, а другой – на определяемом, то в результате спутниковых измерений можно получить пространственные координаты второго пункта. Если оба приемника установлены на пунктах с неизвестными координатами, то можно получить приращение координат и вычислить расстояние между ними. Применение этого метода позволяет определить пространственный вектор (baseline) между пунктами с точностью $5\text{мм} + 1 \times 10^{-6} D\text{мм}$, где D – расстояние в мм.

4. СИСТЕМА КООРДИНАТ И ВЫСОТ, НОВАЯ СТРУКТУРА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ (ПРОЕКТ)

4.1. В настоящее время в практику геодезических работ вводится новая система координат СК-95, полученная в результате совместного уравнивания координат геодезических пунктов, расположенных на территории бывшего СССР на эпоху 1995 года. В уравнивание включены три самостоятельных, связанных между собой геодезических построения: космическая геодезическая сеть, доплеровская геодезическая сеть и астрономо-геодезическая сеть (АГС). Всего совместно уравниено около 164 тыс. пунктов. Координаты пунктов

государственной геодезической сети (ГГС) определены в двух системах координат – общеземной (ПЗ-90) и референцной (СК-95). Между обеими системами установлена связь, определяемая параметрами взаимного перехода (элементами ориентирования).

4.2. За отсчетную поверхность в общеземной системе координат ПЗ-90 принят общеземной эллипсоид со следующими геометрическими параметрами:

Большая полуось – 6 378 136 м

Сжатие – 1 : 298,257839303

Положение центра общеземного эллипсоида ПЗ-90 определяется под условием совмещения его с центром масс Земли. Направление оси вращения эллипсоида параллельно направлению на Международное условное начало, принятому Международной Службой Вращения Земли, плоскость нулевого меридиана параллельна плоскости начального астрономического меридиана. Геометрические параметры общеземного эллипсоида приняты равными параметрам уровенного эллипсоида вращения, а их поверхности – совпадающими между собой. При этом за уровенный эллипсоид вращения принята внешняя поверхность нормальной Земли, масса и угловая скорость вращения которой задаются равными массе и угловой скорости вращения Земли.

4.3. За отсчетную поверхность в референцной системе СК-95 принят эллипсоид Красовского с параметрами:

Большая полуось – 6 378 245 м

Сжатие – 1 : 298,3

Эллипсоид ориентирован в теле Земли в соответствии с направлениями осей пространственной системы координат СК-95. Референцная система координат СК-95 установлена так, что ее оси параллельны осям общеземной системы координат ПЗ-90.

4.4. Переход от общеземной системы координат ПЗ-90 к СК-95 выполняется по формулам:

(1)

где ΔX_0 , ΔY_0 , ΔZ_0 – линейные элементы ориентирования, задающие координаты начала системы координат СК-95 в общеземной системе координат ПЗ-90. Они составляют $\Delta X_0 = +25,90$ м; $\Delta Y_0 = -130,94$ м; $\Delta Z_0 = -81,76$ м.

4.5. Для уменьшения расхождений с системой координат 1942 года (СК-42) начало координат (пункт "Пулково") в обеих системах совпадает.

Численные значения элементов ориентирования для перехода от СК-95 к СК-42 следующие:

М

М

М

”

”

”

4.6. Средняя квадратическая ошибка преобразования плоских прямоугольных координат пунктов X, Y из СК-95 в СК-42 равна 3,5 м в среднем по сети, в Республике Узбекистан – 6,5 м. Это обусловлено, главным образом, деформациями в сети СК-42.

4.7. Задание, поддержание и воспроизведение системы координат с учетом современных требований на основе широкого применения спутниковой технологии в геодезических целях обуславливает необходимость построения геодезической сети на более высоком уровне точности, чем существующая ГГС. Построение такой сети – составная часть новой государственной системы геодезического обеспечения территории Республики Узбекистан, основанной на применении методов космической геодезии и использования СНС GPS и ГЛОНАСС. Для построения рекомендуется новая структура ГГС, которая состоит из:

- 1) Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть.
- 2) Высокоточная геодезическая сеть.
- 3) Спутниковая геодезическая сеть 1-го класса.
- 4) Геодезические сети сгущения.

4.7.1. Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС) предназначена для координатного обеспечения территории Республики Узбекистан. ФАГС служит геодезической исходной основой для дальнейшего повышения точности пунктов ГГС. ФАГС практически реализует общеземную геоцентрическую систему координат и состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов.

4.7.2. Высокоточная геодезическая сеть (ВГС) предназначена для распространения на всю территорию Республики Узбекистан общеземной геоцентрической системы координат и определения точных параметров взаимного ориентирования общеземной

геоцентрической и государственной референцной систем координат. ВГС наряду с ФАГС является исходной основой для спутниковых геодезических сетей различного назначения.

4.7.3. Спутниковая геодезическая сеть 1-го класса (СГС-1) предназначена для практической реализации точностных и оперативных возможностей спутниковой технологии в топографо-геодезическом производстве. Она должна представлять собой систему легко доступных пунктов с нормальными условиями для спутниковых измерений. СГС-1 должна служить исходной основой для развития методами спутниковой технологии всех последующих сетей сгущения. Совмещение пунктов СГС-1 с существующими пунктами АГС позволит решить задачу определения и учета локальных деформаций существующей АГС. СГС-1 позволит обеспечить однозначность результатов определения координат в пределах средней квадратической погрешности не более 5 см относительно любых близких пунктов АГС, СГС-1 и ВГС.

4.7.4. Существующая АГС в процессе развития СГС-1 будет постепенно реформирована путем совмещения пунктов СГС-1 или их связи с пунктами АГС. При этом расстояния между пунктами АГС, совмещенными с пунктами СГС-1 или привязанными к ним, не должны быть больше 70-100 км. Таким образом, АГС будет расчленена на отдельные небольшие фрагменты, состоящие из 4-6 треугольников, и, по существу, превратится в ГСС. Каждый фрагмент будет переуровнен между пунктами СГС-1, что значительно повысит точность пунктов АГС.

4.7.5. Для всех пунктов ГГС должны быть определены нормальные высоты в Балтийской системе высот 1977 года. Геодезические высоты пунктов ГГС и сетей сгущения определяют непосредственно из спутниковых измерений или как сумму нормальной высоты и высоты квазигеоида над отсчетным эллипсоидом.

4.7.6. Работы по построению сетей ФАГС, ВГС и СГС-1 должны быть регламентированы специальными нормативными актами.

5. ПЛАНОВАЯ И ВЫСОТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГСС С ПРИМЕНЕНИЕМ СПУТНИКОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

5.1. Применение относительного метода для определения координат позволяет измерять векторы между пунктами в миллиметровом диапазоне точности. В соответствии с этим предъявляются требования к точности исходной планово-высотной основы. Для развития ГСС и специальных сетей в качестве исходной основы используются пункты со средней квадратической погрешностью взаимного положения не более $5\text{мм} + 2 \times 10^{-7} \text{ Дмм}$ для каждой плановой координаты и $7\text{мм} + 3 \times 10^{-7} \text{ Дмм}$ для геодезических высот. Этим требованиям удовлетворяет СГС-1, которая будет создана в будущем. До построения СГС-1 допускается использовать в качестве исходной основы пункты существующей АГС.

5.2. На объектах площадью до 100 км^2 количество пунктов исходной плановой сети должно быть не менее трех. Исходные пункты должны быть равномерно распределены по границе объекта. Расстояние между ними должно быть не более 60 км. Максимальное

удаление от границы объекта не должно превышать 40 км. Дополнительные (избыточные) исходные пункты могут располагаться внутри объекта работ. При большей площади объекта число пунктов исходной плановой сети пропорционально увеличивается.

5.3. В сетях вытянутой формы исходные пункты должны располагаться в начале, середине и конце сети. Расстояние между ними должно быть не более 60 км.

5.4. В результате спутниковых измерений определяются геодезические высоты пунктов. Для перехода от геодезических высот к нормальным необходимо знать высоту квазигеоида (геоида) над эллипсоидом, которая не является постоянной величиной из-за волнообразности поверхности геоида. Высоты геоида над эллипсоидом можно получить непосредственно на объекте работ путем выполнения спутниковых измерений на реперах существующей высотной сети (любого класса) или специальной привязки пунктов создаваемой сети к ней.

5.4.1. На объектах площадью до 100 км² количество реперов исходной высотной сети должно быть не менее четырех, равномерно распределенных по границе объекта и внутри объекта. При большей площади объектов пропорционально увеличивается количество реперов исходной высотной сети.

5.4.2. В горных районах, где сильно выражены вариации волн геоида, количество реперов исходной высотной сети должно быть увеличено в 1,5-2 раза.

5.4.3. На объектах, имеющих вытянутую форму, расстояние между реперами исходной высотной сети должно быть не более 5 км, если ширина объекта не превышает 5 км. При большей ширине необходимо иметь дополнительные реперы нивелирования, расположенные по обеим сторонам объекта.

6. СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И МЕТОДЫ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. При создании и реконструкции геодезических сетей с применением спутниковой технологии геометрическая форма сети не влияет на точность определения координат. В случае использования результатов спутниковых измерений для определения геометрических элементов (длин линий и углов) в традиционных построениях (триангуляция, трилатерация, полигонометрия), необходимо соблюдать установленные соответствующими инструкциями требования к форме сети. Уравнительные вычисления в таких сетях выполняются по обычным программам, применяемым в традиционных геодезических методах.

6.2. При использовании спутниковой технологии рекомендуется две основные схемы построения сетей:

- замкнутых геометрических фигур (полигонов);
- радиальная.

6.2.1. Построение в виде замкнутых геометрических фигур представляет собой систему пунктов с определением векторов между ними таким образом, чтобы они образовали замкнутые геометрические фигуры (полигоны). Примерная форма сети приведена в приложении 1.

6.2.2. Построение в виде радиальных сетей представляет собой систему пунктов с определением векторов между референсным приемником и мобильным приемником. Эти векторы считаются "висячими". Примерная форма радиальной сети приведена в приложении 1.

6.3. Для выполнения спутниковых измерений применяются следующие методы:

- статический (Static);
- быстростатический (Fast Static, Rapid Static);
- псевдокинематический (псевдостатический, реокупация);
- кинематический.

6.3.1. Статический метод предполагает, что измерения выполняются между двумя (и более) неподвижными приемниками продолжительный период времени.

6.3.2. Быстростатический метод предполагает уменьшение времени наблюдений (до 5-10 минут) в статическом методе за счет оптимального использования всех доступных качественных измерений при двух частотах. Обязательным условием является использование двухчастотных приемников.

6.3.3. Псевдокинематический метод предполагает уменьшение времени измерений по сравнению со статическим методом за счет совместного использования двух 5-10 минутных периодов наблюдений, разделенных часовым (и более) интервалом, с тем, чтобы изменилось взаимное расположение наблюдаемых спутников.

6.3.4. Кинематический метод предполагает выполнение одновременных наблюдений между неподвижным (референсным) и мобильным приемниками. Для выполнения метода необходимо на первом пункте выполнить так называемую инициализацию (решение неоднозначности) и при перемещении мобильных приемников между пунктами необходимо поддерживать постоянный захват 4-5 спутников. При потере захвата повторяется процедура инициализации. Метод имеет две разновидности: так называемые Stop & Go ("Стой-Иди", "Остановка-Переезд") кинематика и кинематика в режиме реального времени (Real-Time Kinematic – RTK).

Stop & Go кинематика предполагает фиксацию антенны мобильного приемника на определяемых пунктах для выполнения измерений в течение около 1 минуты.

Real-Time Kinematic аналогична Stop & Go кинематике по технологии выполнения полевых работ, но различается по технологии обработки. RTK основана на передаче поправок в измерения псевдодальностей от референсного приемника к мобильному через

устройство связи (радиомодем). При совместной обработке измерений референсного и мобильного приемников определяются координаты пункта, на котором установлен мобильный приемник. Результаты, в отличие от остальных методов, выдаются немедленно после выполнения измерений.

6.4. Точность измерений современными геодезическими спутниковыми приемниками зависит от типа приемника и выбранного метода измерений. Стандартные показатели точности приведены в таблице 2:

Таблица 2

Метод	Среднее расстояние между пунктами, км	Продолжительность сеанса	Абс. и отн. погрешность измерения расстояния	Примечания
Статический	до 20	около 1 часа	5мм + 1×10^{-6} Дмм 1:100000 - 1:5000000	Для двухчастотного приемника
Быстростатический	до 10	5-10 мин	5-10мм + 1×10^{-6} Дмм 1:100000 - 1:1000000	Для двухчастотного приемника
Псевдокинематический	до 10	20 мин (2 раза по 10 мин)	10мм + 1×10^{-6} Дмм 1:50000 - 1:500000	Преимущественно для одночастотного приемника
Stop & Go	до 5	до 2 мин	10-20мм + 1×10^{-6} Дмм 1:100000 - 1:1000000	
RTK	5-10 (в зависимости от радиомодема)	до 1 мин	10-20мм	При наличии устройства связи радиомодема)

Точность определения геодезических высот, как правило, в 1,5 раза ниже точности определения векторов.

6.5. Точность спутниковых измерений обеспечивается при **нормальных условиях наблюдений**, которые должны соответствовать следующим требованиям:

- 1) Минимальное количество наблюдаемых спутников – 4-5.
- 2) Значение DOP (Dilution Of Precision) не более 4 (или другое паспортное значение) на всем протяжении измерений.

3) Отсутствие невосстанавливаемых сбоев (пропусков циклов – Cycle Slip) при приеме спутниковых сигналов на всем протяжении измерений.

4) Минимальный угол возвышения наблюдаемых спутников над горизонтом – не менее 15° .

5) Отсутствие помех, препятствующих приему сигнала или искажающих сигнал (многопутность).

6) Нормальное атмосферное влияние.

Использование в сеансе измерений большего количества одновременно наблюдаемых спутников увеличивает объем измерений, что позволяет повысить достоверность и надежность определения векторов.

Значение DOP учитывает взаимное геометрическое расположение спутников и места установки антенны на момент измерений. Меньшее значение указывает на хорошую геометрию и, следовательно, хорошие условия измерений.

Пропуски циклов – потери в измерениях целых длин волн фазы несущей частоты при временной потере захвата спутников. Задача обработки спутниковых измерений выявить пропуски и исправить их. Большое количество неисправленных пропусков может привести к ошибочному определению векторов.

Сигналы со спутников, находящихся при углах возвышения над горизонтом менее 15° , искажаются влиянием тропосферы.

Многопутность влияет на фазовые и кодовые измерения и снижает точность определения векторов.

6.6. Выбор схемы построения сети, наличие и конкретная реализация методов зависит от типа и конструкции приемника, а также имеющегося программного обеспечения для обработки измерений.

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ

7.1. Составление технического проекта

7.1.1. Технический проект составляется на основании технического задания. Работа над техническим проектом начинается со сбора материалов ранее выполненных на объекте геодезических работ. В процессе сбора материалов геодезической изученности должны быть получены следующие сведения:

1) Материалы обследования пунктов существующих геодезических сетей.

2) Выписки из каталогов координат и высот пунктов, которые могут быть использованы в качестве исходных в проектируемой сети.

3) Абрисы и карточки закладки существующих пунктов.

4) Выписки из отчетов ранее выполненных работ, особенно касающиеся оценки точности.

5) Подробная справка о системах координат и высот, принятых на объекте работ.

7.1.2. Производится сбор и систематизация картографических (топографических) материалов соответствующего масштаба. На карты наносится местоположение всех существующих пунктов, которые предполагается включить или привязать к проектируемой сети. При этом необходимо оценить эти пункты применительно к нормальным условиям наблюдений для спутниковых измерений (см. п. 6.5).

7.1.3. Выбор схемы построения проектируемой сети и методов спутниковых измерений зависит от назначения сети и ее точности. Выбор производится в соответствии с требованиями раздела 6, а также с учетом технического задания и материалов геодезической изученности. При выборе метода построения сети рекомендуется руководствоваться параметрами, приведенными в таблице 3.

Таблица 3

Параметры	Схема построения сети	
Класс создаваемой сети	3 и 4-й класс ГГС, городские каркасные, специальные сети, 1-й разряд	1-й, 2-й разряд, съемочные сети
Расстояние между пунктами	до 20 км	до 10 км и при разных по длине векторах

7.1.4. Плотность пунктов создаваемой сети устанавливается в соответствии с действующими инструкциями. В процессе проектирования рекомендуется придерживаться равномерного размещения определяемых пунктов по всему объекту работ.

7.1.5. При выборе местоположения проектируемого пункта для спутниковых измерений необходимо соблюдение следующих требований:

- 1) Обеспечение нормальных условий наблюдений (п. 6.5).
- 2) Отсутствие вблизи пункта (до 1-2 км) мощных источников излучения (теле- и радиопередатчики и т. п.).
- 3) Большая часть горизонта вокруг пункта не должна иметь препятствий выше 15°.
- 4) Обеспечение долговременной сохранности центра.
- 5) Обеспечение удобного подъезда, доступа к пункту в любое время независимо от погодных условий.

На городской территории рекомендуется проектировать пункты на возвышающихся зданиях с учетом требований, приведенных выше, и требований инструкции [5] п.1.2.

При возможности необходимо использовать существующие пункты ГГС, если они отвечают требованиям, предъявляемым к пунктам создаваемой сети.

Окончательное решение о выборе местоположения пункта принимается после выполнения полевой рекогносцировки.

7.1.6. Выбор исходных пунктов производится в соответствии с требованиями п.п. 5.2-5.4 при обеспечении нормальных условий наблюдений.

7.1.7. Проектирование геометрических связей между пунктами производится в соответствии с выбранной схемой построения. При построении в виде замкнутых геометрических фигур каждый пункт должен определяться, как минимум, двумя независимо измеренными векторами. Висячие векторы не допускаются. В вытянутых сетях (ходах) для контроля измерений рекомендуется проектировать связи между конечными пунктами сети (хода).

7.1.8. При проектировании необходимо предусмотреть повторные измерения определяемых векторов: для проектируемых сетей сгущения в составе ГГС 3-го и 4-го класса – в количестве не менее 50% и 25% соответственно от общего числа измерений, для разрядных и съемочных сетей – на пунктах с плохими условиями наблюдений. Повторные измерения рекомендуется выполнять в другое время (окно наблюдений).

7.1.9. Для контроля рекомендуется дополнительно проектировать векторы между исходными пунктами, что позволит оценить надежность исходной основы.

7.1.10. При определении длинных векторов (20 км) необходимо предусмотреть измерение метеорологических параметров: температуры, атмосферного давления, влажности воздуха. Это позволит исключить ошибки, вызванные влиянием тропосферы. Влияние ионосферы исключается при измерениях двухчастотными приемниками или при длительном сеансе одночастотными приемниками. Учет метеорологических параметров выполняется программным обеспечением.

7.1.11. Пункты ГГС, не включенные в сеть в качестве исходных и расположенные на удалении не более 5 км, должны быть связаны с проектируемой сетью.

7.1.12. В проекте определяется местоположение референчных станций для сеанса (сессии) или группы сеансов наблюдений. Референчные станции могут располагаться как на исходных пунктах, так и на определяемых. К референчной станции предъявляются повышенные требования в обеспечении нормальных условий наблюдений, так как результаты измерений в сеансе зависят от качества работы референчной станции.

7.1.13. Графическая часть проекта составляется на картах с указанием местоположения исходных и определяемых пунктов, связей между пунктами проектируемой сети, местоположения референчных станций с использованием условных обозначений и их цветовых соотношений, приведенных в приложении 2.

7.1.14. Заключительным этапом разработки технического проекта является составление пояснительной записки, которая должна содержать следующие сведения:

- 1) Обоснование технического проекта, нормативные документы, геодезическая изученность, физико-географическая характеристика объекта работ, проектируемые работы, система координат и высот.
- 2) Ранее выполненные работы: наименования пунктов геодезического обоснования, наименования работ, наименования организаций, выполнявших работы, год выполнения, оценка точности, система координат и высот.
- 3) Программа выполнения работ с обоснованием выбранной схемы и методов измерений.
- 4) Технология выполнения работ с подробным изложением порядка и времени выполнения работ и сдачи готовой продукции.
- 5) Смета расходов на проектируемые работы.

7.2. Рекогносцировка пунктов, закладка центров

7.2.1. После составления технического проекта перед началом полевых работ производится полевая рекогносцировка с целью уточнения отдельных положений технического проекта. В результате рекогносцировки окончательно выбираются места расположения пунктов, согласовывается схема сети и решаются организационно-технические вопросы.

7.2.2. Пункты, на которых будут выполняться спутниковые измерения, должны соответствовать требованиям, приведенным в п. 7.1.5. При рекогносцировке мест расположения пунктов необходимо учитывать следующее:

- должны отсутствовать отражающие поверхности вблизи пункта, которые могут создать многопутность (деревья, металлические ограды, плоские металлические крыши, интенсивное движение транспорта, отражающая водная поверхность и т. п.);
- место установки штатива должно обеспечивать его устойчивость на период времени, необходимый для выполнения измерений (особенно для референцных станций), и безопасность производства работ;
- при использовании кинематических методов измерений необходимо тщательно проверить пункты и маршруты передвижения между ними для обеспечения постоянного захвата 4-х спутников и отсутствия помех; при имеющихся на пути движения непреодолимых препятствий (мосты, туннели), по обеим сторонам препятствия должны быть запроектированы пункты для повторной инициализации мобильного приемника.

7.2.3. При невозможности установки приемника непосредственно на пункте (металлический сигнал, большое количество препятствий, многопутность и др.) необходимо выбрать местоположение точки (или нескольких точек) (рабочий центр) с нормальными условиями наблюдений для выполнения внецентренной установки приемника. Выбранный способ выполнения внецентренной установки должен обеспечивать точность проектируемой сети.

7.2.4. В процессе рекогносцировки после окончательного согласования на вновь определяемых пунктах производится закладка центров с учетом требований, указанных в [5] п.1.2.

7.2.5. Каждому определяемому пункту проектируемой сети присваивается индивидуальный номер (название) и код.

7.2.6. Для каждого пункта составляются карточки с описанием местоположения и привязкой его к местным предметам. Если на пункте имеются препятствия для измерений, производится их съемка с составлением схемы расположения препятствий. Образец журнала приведен в приложении 3. Помещенные в журнале сведения используются при рабочем проектировании.

7.2.7. Намечаются векторы (пункты), которые будут определяться повторно.

7.2.8. В процессе рекогносцировки уточняются и корректируются маршруты движения между пунктами с определением примерного времени перемещения с пункта на пункт.

7.3. Составление рабочего проекта

7.3.1. Рабочий проект составляется на основании технического задания, технического проекта и материалов рекогносцировки с целью разработки оперативного плана выполнения полевых работ и организационных мероприятий.

7.3.2. Рабочий проект составляется перед выездом на полевые работы и утверждается начальником партии и главным инженером экспедиции.

7.3.3. Рабочий проект должен учитывать количество и тип имеющихся приемников, а также возможности программного обеспечения для обработки измерений.

7.3.4. В составе рабочего проекта: Неудачно!!!

1) Составляется схема расстановок приемников в сеансах (сессиях) с не менее чем одним общим пунктом между смежными сеансами (так называемым "перекрытием"). Минимальное количество сеансов в статическом методе, необходимое для вычисления координат пунктов, определяется по формуле:

, (2)

где S – число сеансов,

P – общее число пунктов в сети,

O – число общих пунктов в сеансах,

N – количество приемников.

Образец вычисления по формуле (2) приведен в приложении 4.

В случае, когда проектируемая сеть представляет собой систему, где типовой фигурой являются четырехугольники, вычисления выполняются по формулам, приведенным в приложении 5.

2) Уточняется геометрическая схема проектируемой сети.

3) Окончательно определяется местоположение пунктов для референчных станций.

4) Выбираются векторы в сети, которые будут определяться повторно. Рекомендуется для исключения возможных приборных ошибок приемника и антенны повторные измерения выполнять другими приемниками.

5) Составляются графики значений DOP и видимости спутников на весь период полевых работ при помощи программного обеспечения по спутниковому альманаху.

6) Для пунктов, имеющих препятствия, с использованием программного обеспечения составляются диаграммы препятствий.

7) Для каждого пункта определяются окна наблюдений с хорошими показаниями DOP, с требуемым количеством спутников и с учетом имеющихся препятствий. При этом необходимо исключать интервалы с резкими, скачкообразными колебаниями значения DOP.

7.3.5. Рабочий проект завершается разработкой структуры организации наблюдений (программы наблюдений), которая включает в себя следующее:

1) Определяется продолжительность сеансов в зависимости от расстояния между пунктами по формулам (при 5-ти спутниках и нормальном DOP):

Таблица 4

Метод измерений	Продолжительность сеанса при использовании	
	одночастотного приемника	двухчастотного приемника
Статический	30 мин + 3 мин / км	20 мин + 2 мин / км
Быстростатический		10 мин + 1 мин / км

2) Утверждаются маршруты движения между пунктами.

3) Составляется расписание выполнения спутниковых измерений для всех исполнителей. Образец приведен в приложении 6.

7.3.6. Пояснительная записка к рабочему проекту должна содержать следующие разделы:

1) Проектируемые работы с указанием всех пунктов сети и их связей (схема сети).

2) Программа работ на объекте.

3) Графики значений DOP и видимости спутников на весь период полевых работ.

4) Графики окон наблюдений для всех пунктов, имеющих препятствия.

5) Организация и технология выполнения работ с обоснованием выбора метода измерений и времени работы на пунктах.

8. ТРЕБОВАНИЯ К СПУТНИКОВЫМ ПРИЕМНИКАМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ СЕТЕЙ СГУЩЕНИЯ В СОСТАВЕ ГГС

8.1. Выбор типа приемника зависит от требований конкретного проекта. Общим требованием к приемникам, применяющимся в топографо-геодезическом производстве, является возможность выполнения и кодовых, и фазовых измерений.

8.2. При выполнении высокоточных работ необходимо использовать двухчастотные приемники, позволяющие за счет измерений по двум частотам повысить надежность и достоверность определения векторов.

8.3. На коротких линиях (до 15 км) допускается использование одночастотных приемников, так как влияние ионосферы на концах вектора одинаково и исключается в процессе обработки.

8.4. Число независимых приемных каналов приемника должно быть не менее четырех.

8.5. Объем памяти для записи спутниковых измерений должен соответствовать требованиям выбранного метода измерений.

9. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

9.1. Перед выездом на полевые работы необходимо проверить комплектность станций и работоспособность отдельных узлов. В комплект станции должны входить:

- приемник;
- антенна;
- антенные кабели;
- аккумуляторы и зарядное устройство;
- соединительные кабели;
- переходники;
- штатив;
- подставка;
- становой винт;
- мерная лента или рейка;
- комплект для измерения метеорологических параметров: термометр, барометр, психрометр (при необходимости);
- радиостанции (при наличии).

9.2. Кроме того необходимо иметь:

- карты, абрисы, схемы маршрутов;
- расписание наблюдений и маршруты передвижения между пунктами;
- полевые журналы установленного образца;
- карандаши, ручки, бумагу;
- флажки, краску, колышки, молоток, предупреждающие сигналы и мигалку (для ночного времени суток) при работе на проезжей части дорог.

9.3. Если программой работ предусматривается полевая обработка информации, в состав оборудования бригады должны быть включены:

- компьютер с программным обеспечением для обработки спутниковых измерений;
- комплект необходимых соединительных кабелей;
- блок питания от стационарной сети;
- дискеты;
- ключевая дискета к программному обеспечению (или электронный ключ).

9.4. Все механические узлы станции должны работать исправно. Штативы не должны иметь механических дефектов. Оптические центры должны быть проверены и отъюстированы до выезда на полевые работы.

9.5. Перед выездом на объект необходимо проверить работу зарядного устройства и зарядить аккумуляторы питания.

10. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

10.1. Общие положения

10.1.1. Спутниковые приемники, применяемые в геодезическом производстве, должны пройти государственную аттестацию и испытания с целью установления пригодности для выполнения относительных координатных определений. Поверке подвергается конкретный комплект приемников, состоящий из двух и более приемников и прилагаемого программного обеспечения.

10.1.2. Методика поверки базируется на использовании эталонного базиса.

10.1.3. Периодичность поверки – один раз в год.

10.1.4. В процессе проведения поверки должны быть выполнены операции, перечисленные в таблице 5.

№№	Наименование операции
1	Внешний осмотр и апробирование
2	Определение погрешности измерения линейных базисов в зависимости от продолжительности наблюдений в статическом методе
3	Определение погрешности измерений линейных базисов в псевдокинематическом методе
4	Определение погрешности измерения приращений координат в статическом методе по невязкам в замкнутых фигурах
5	Определение погрешности измерений координат в режиме реального времени (RTK)

10.1.5. Для выполнения поверки применяются средства измерений, указанные в таблице 6. Они должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке. Допускается применение других, соответствующих по точности, средств измерений, если они поверены и имеют свидетельства о поверке. Абсолютная основная погрешность используемого дальномера должна быть не более $1\text{ мм} + 2 \times 10^{-6} D\text{ мм}$, где D – измеряемое расстояние в мм.

Таблица 6

№№	Наименование средств измерений, применяемых при выполнении поверки	№№ разделов
1	Эталонный базис длины	10.3. – 10.6.
2	Высокоточный светодальномер	10.4.
3	Рулетка	10.3. – 10.6.
4	Барометр-анероид метеорологический	10.3., 10.5.
5	Психрометр аспирационный	10.3., 10.5.

10.1.6. Перед началом поверки необходимо изучить Руководство пользователя поверяемого приемника, правила эксплуатации, технологию выполнения геодезических работ, рекомендованную фирмой-изготовителем. При необходимости следует внести коррективы в методику поверок.

10.1.7. Время выполнения поверок должно быть заранее спланировано для обеспечения нормальных условий наблюдений, рекомендованных фирмой-изготовителем.

10.1.8. По результатам поверок выдается свидетельство о пригодности конкретного комплекта приемников к применению в геодезическом производстве установленного образца.

10.2. Внешний осмотр и апробирование

10.2.1. Проверить комплектность оборудования в соответствии с прилагаемой документацией.

10.2.2. При внешнем осмотре аппаратуры следует обратить внимание на исправность переключателей и кнопок, сохранность поясняющих надписей, целостность наружных оболочек кабелей, чистоту контактов на разъемах.

10.2.3. Проверить штатные аккумуляторы и зарядные устройства. При необходимости зарядить аккумуляторы в соответствии с прилагаемой документацией.

10.2.4. Проверить работоспособность аппаратуры в соответствии с прилагаемой документацией.

10.2.5. Аппаратура, имеющая неисправности, некомплектная, не работоспособная бракуется и к дальнейшей проверке не допускается.

10.3. Определение погрешности измерения линейных базисов в зависимости

от продолжительности наблюдений в статическом методе

10.3.1. При выполнении поверки устанавливается следующий порядок работ:

1) Установить антенны пары приемников над центрами пунктов – концов эталонного базиса. При наличии ориентирных стрелок (меток) на корпусах антенн – ориентировать их на истинный север. Измерить высоту установки антенны над центрами пунктов с помощью рулетки (или входящих в комплект приемника средств измерений).

2) Включить приемники. Проверить рабочие установки приемников. Убедиться, что приемники принимают сигналы со спутников. Измерения выполняются в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя.

- 3) Устанавливать последовательно длительность сеанса измерений 60, 30, 15, 8, 4, 2 минуты. Перед началом измерений в каждом сеансе измерить метеопараметры (температуру, давление, влажность). Записать их в журнал. Выключить приемник.
- 4) Выполнить обработку результатов измерений при помощи прилагаемого программного обеспечения. В обработку должны приниматься качественные измерения. Качество измерений и результатов их обработки определяется в соответствии с требованиями фирмы-изготовителя.
- 5) Определить τ_{\min} – минимальное время сеанса, при котором получаются устойчивые и надежные результаты измерений. Установить длительность одного сеанса 60 мин., если $\tau_{\min} < 8$ мин. и 90 мин., если $\tau_{\min} > 8$ мин. Если в прилагаемой документации установлено минимальное время сеанса наблюдений, то пункты 3) - 5) можно пропустить.
- 6) Повторить измерения при выбранной длительности сеанса 6 раз, фиксируя в каждом сеансе время начала наблюдений. Половину измерений выполнять в другой день при другом окне наблюдений.
- 7) Выключить аппаратуру.
- 8) Выполнить обработку наблюдений.

10.3.2. Аппаратура признается годной к эксплуатации, если разности между измеренными и эталонными значениями базиса не превышают допустимого значения абсолютной основной погрешности, вычисленной по формуле:

, (5)

где a и b – численные значения в мм, указанные в прилагаемой документации;

D – длина базиса в мм.

10.4. Определение погрешностей измерения линейных базисов

В псевдокинематическом методе

При выполнении поверки устанавливается следующий порядок работ:

- 1) Выполнить действия по п. 10.3.1., 1) и 2).
- 2) Установить длительность сеанса наблюдений согласно рекомендациям фирмы-изготовителя для работы в псевдокинематическом методе. Провести измерения. Выключить приемник.

- 3) Перенести один приемник с конечного пункта базиса на промежуточный. Повторить действия 1) и 2). Если на базисе отсутствуют промежуточные пункты, то выбрать на местности 5 дополнительных пунктов на расстоянии 0,1-1 км от конечного пункта, закрепить их как временные точки и измерить до них расстояния с помощью высокоточного светодальномера.
- 4) Повторить измерения по 3) еще на 4-х промежуточных пунктах базиса.
- 5) Повторить измерения на тех же пунктах через 1 (или более) час.
- 6) Выполнить действия по п.п. 10.3.1., 7) и 8), и 10.3.2.

10.5. Определение погрешностей измерений приращений координат в статическом методе по невязкам в замкнутых фигурах

10.5.1. При выполнении поверки устанавливается следующий порядок работ:

- 1) Последовательно устанавливать приемники в вершинах треугольника, выбранного в сети эталонного базиса или примыкающих к эталонному базису геодезических построений (не более 10 км для одночастотных приемников и не более 30 км для двухчастотных).
- 2) Выполнить действия по п. 10.3.1., 1) и 2).
- 3) Установить длительность сеанса измерений в соответствии с п. 10.3.1., 5). Измерить метеопараметры. Провести измерения. Выключить приемник.
- 4) Выполнить обработку наблюдений.
- 5) Вычислить невязки приращений координат в треугольнике.

10.5.2. Аппаратура признается годной к эксплуатации, если невязки приращений координат в треугольнике не превышают значений, вычисленных по формуле:

, (6)

где – допустимое значение абсолютной основной погрешности по стороне i треугольника, вычисленное по формуле (5) п. 10.3.2.

10.6. Определение погрешностей измерений координат методом "Кинематика в режиме реального времени" (RTK)

10.6.1. При выполнении поверки устанавливается следующий порядок работ:

- 1) Установить два приемника на пунктах с эталонными координатами.
- 2) Включить приемники и подготовить их к работе в соответствии с Руководством пользователя для работы в режиме реального времени. Внести эталонные значения координат в память приемника, принятого за референцный.
- 3) Выполнить определение координат вторым, мобильным, приемником на 4-5 пунктах с эталонными координатами. Если имеется только два пункта с эталонными координатами, то допускается мобильный приемник снять с пункта и, не выключая его, пройти с антенной 100-200 м вокруг пункта и снова установить антенну на пункте. Эти действия повторить пять раз.
- 4) Сравнить полученные координаты с эталонными значениями координат пунктов установки мобильного приемника.

10.6.2. Аппаратура признается годной к эксплуатации, если разности между измеренными и эталонными значениями координат не превышают двойного значения средней квадратической погрешности определения координат, указанных в прилагаемой документации.

11. ПРОИЗВОДСТВО СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ГСС

При производстве спутниковых измерений применяются методы, перечисленные в разделе 6. Технология выполнения методов зависит от типа и модели приемников и программного обеспечения для обработки измерений. При выполнении работ необходимо опираться на Руководство пользователя используемого спутникового приемника.

11.1. Статический метод

11.1.1. Статический метод считается "классическим" методом спутниковых измерений. Метод предполагает, что измерения выполняются одновременно между двумя и более неподвижными приемниками продолжительный период времени. За время измерений изменяется геометрическое расположение спутников, которое играет значительную роль в решении неоднозначности. Большой объем измерений позволяет зафиксировать пропуски циклов и правильно их смоделировать.

11.1.2. Статический метод применяется при выполнении высокоточных работ, при измерениях векторов более 15-20 км, а также при ограниченных окнах наблюдений с минимальным количеством спутников.

11.1.3. Продолжительность сеанса зависит от длины измеряемых в сеансе линий (см. табл. 4), количества одновременно наблюдаемых спутников, типа приемников и требуемой точности. В течение 90% времени наблюдений в сеансе должны приниматься сигналы не менее чем от 4-х спутников.

11.1.4. Основные требования статического метода:

- наблюдение на пункте не менее 4-х спутников;
- интервал записи – 20 сек.

11.1.5. Работа на станции начинается с установки антенны. Штатив, на котором устанавливается антенна, должен быть надежно закреплен для обеспечения неизменности высоты антенны во время измерений. Центрирование и нивелирование антенны выполняется оптическим центриром с точностью ± 2 мм. При наличии ориентирных стрелок (меток) антенна ориентируется на север.

11.1.6. Все спутниковые измерения относятся к фазовому центру антенны. Поэтому требуется тщательно измерять высоту антенны. Ошибка измерения высоты антенны влияет на точность определения всех трех координат пункта. Высота измеряется рулеткой или специальным устройством дважды: до и после наблюдений. Если разность высот антенны в начале и конце сеанса превышает 2 мм, то этот сеанс из обработки исключается, а до 2 мм – усредняется. Измерения выполняются в соответствии с Руководством пользователя используемого приемника и записываются в журнале установленного образца (см. приложение 7).

11.1.7. Включение приемника, процедура измерения и выключение приемника производится в соответствии с Руководством пользователя.

11.1.8. Измерения начинаются согласно утвержденному "Расписанию спутниковых измерений" (см. приложение 6). Разрешается включение приемника за 5 минут до установленного начала измерений. Опоздание не допускается, так как это уменьшит время совместной работы приемников в сеансе и может ухудшить результат. Для уточнения времени работы приемников в сеансе рекомендуется иметь между исполнителями (бригадами) радиосвязь. Решение о досрочном прекращении сеанса принимает руководитель работ.

11.1.9. Перед началом измерений проверяются (устанавливаются) рабочие установки приемника, такие как угол отсечки (маска) наблюдаемых спутников, интервал записи, сохранение измерений и объем свободной памяти. Интервал записи должен быть одинаковым для всех совместно работающих приемников. После включения приемника необходимо убедиться, что приемник отслеживает необходимое количество спутников и вычисляет свое местоположение.

11.1.10. До начала сеанса наблюдений в приемник вводится название пункта, высота антенны, код оператора и другая информация, ввод которой предусмотрен Руководством пользователя. Параллельно ведутся записи в полевом журнале установленного образца (см. приложение 7).

11.1.11. В процессе наблюдений необходимо проверять работу приемника каждые 15 минут. Проверяются: электропитание, сбои в приеме спутниковых сигналов, количество захваченных спутников, значение DOP. При ухудшении этих показателей рекомендуется увеличить время наблюдений. Результаты проверок записываются в полевом журнале.

11.1.12. При необходимости во время сеанса измеряются метеопараметры: температура воздуха, давление, влажность. Результаты записываются в полевом журнале.

11.1.13. Необходимым условием бесперебойной работы приемника на станции является непрерывность подачи электропитания. В комплекте приемника на станции должны быть заряженные запасные батареи (аккумуляторы). В случае сбоя в электропитании необходимо как можно быстрее подключить запасную батарею. При этом, если приемник бездействовал более 10 % от времени измерений, соответственно увеличивается продолжительность сеанса.

11.1.14. Спутниковые приемники работают в температурном диапазоне, установленном изготовителем. Атмосферные осадки, туман и т. п. не влияют на работу приемника. Разряды атмосферного электричества могут вызвать сбои в измерениях. При холодной погоде снижается время работы аккумуляторов.

11.1.15. Полевые записи ведутся в журнале установленного образца (см. приложение 7) на каждой станции в каждом сеансе. В примечании записываются все нарушения в нормальной работе станции.

11.2. Быстростатический метод

11.2.1. Быстростатический метод (БСМ) спутниковых измерений сочетает в себе высокую точность статического метода с преимуществом короткого времени наблюдений. Это достигается за счет оптимального использования всех доступных качественных измерений при двух частотах. БСМ реализуется двухчастотными приемниками при наличии программы обработки измерений. Из-за короткого периода измерений БСМ чувствителен к недостатку измерений. Так же оказывает влияние расположение и количество захваченных спутников, интервал записи.

11.2.2. БСМ применяется при измерениях векторов до 10-15 км, в сетях с большим числом пунктов (точек).

11.2.3. Продолжительность сеанса зависит от длины измеряемых в сеансе линий (см. табл. 4).

11.2.4. Основные требования БСМ:

- наблюдение на пункте не менее 5-и спутников;
- при перемещении с пункта на пункт поддерживать захват не требуется.
- интервал записи – 5-10 сек.

11.2.5. Порядок работы на станции и требования аналогичны статическому методу (см. раздел 11.1.).

12. ПРОИЗВОДСТВО СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ РАЗРЯДНЫХ И СЪЕМОЧНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

При создании разрядных и съемочных сетей кроме статического и быстростатического могут использоваться более производительные методы измерений, значительно сокращающие время измерений, – псевдокинематический и Stop & Go кинематика, а также их варианты.

12.1. Псевдокинематический метод

12.1.1. Псевдокинематический метод (ПКМ) применяется, в основном, при работе с одночастотными приемниками.

12.1.2. ПКМ уменьшает время измерений по сравнению со статическим методом за счет использования двух 5-10 минутных периодов наблюдений, разделенных часовым (и более) интервалом, с тем, чтобы изменилось взаимное расположение наблюдаемых спутников. Это означает, что мобильные приемники могут посетить несколько пунктов (точек) создаваемой сети по 5-10 мин измерений на каждом в течение примерно одного часа. Затем цикл повторяется по тем же пунктам. В процессе постобработки измерения, полученные в первом и повторном посещениях, объединяются в одно решение. Недостаток ПКМ – необходимость двойного посещения пункта, что увеличивает время, затрачиваемое на перемещение и установку на пункте.

12.1.3. ПКМ применяется в сетях с короткими расстояниями между пунктами, а также в случае, когда не удалось решить неоднозначность при измерениях другими методами.

12.1.4. Основные требования ПКМ:

- наблюдение не менее 4-х спутников в обоих посещениях пункта;
- интервал записи – 5-10 сек;
 - перерыв между посещениями не менее часа (см. Руководство пользователя);
 - одинаковая высота антенны в обоих посещениях пункта (см. Руководство пользователя).

12.1.5. В зависимости от выбранной схемы построения сети (см. раздел 6) применяются различные варианты ПКМ.

12.1.6. **Радиальный ПКМ** – метод определения координат пунктов мобильными приемниками относительно одной (или более) референцной станции. На рис. 1 показана схема для одного референцного и одного мобильного приемников.

Рис. 1

Один приемник находится на пункте, выбранном в качестве референчного (референчная станция). Мобильный приемник перемещается с пункта на пункт (с 1-го по 4-й) как в Stop & Go методе, но без постоянного захвата спутников. Измерения на каждом пункте выполняются в течение 10 минут, затем приемник перемещают на следующий пункт и т.д. Повторные измерения на всех пунктах должны быть выполнены через примерно один час (см. Руководство пользователя). При повторном измерении на пункте его номер (код, идентификатор) должен быть таким же, как и при первом посещении. Программное обеспечение выполняет определение координат пунктов по двум сеансам измерений и их идентификация производится по номерам точек.

Одинаковая высота антенны в повторных посещениях обеспечивается применением специальной вехи с уровнем.

12.1.7. Траверсный ПКМ – метод (так называемый "прыжки лягушки" – Leap Frog), в котором нет референчной станции и все приемники, участвующие в измерениях, – мобильные. Применяется, в основном, в вытянутых сетях (ходах) На рис. 2 показана примерная схема для двух мобильных приемников.

Рис. 2

Порядок выполнения измерений следующий:

- 1) Установить оба мобильных приемника на пунктах 1 и 2, выполнить определение вектора 1-2 в течение 10 минут.
- 2) Переместить приемник с пункта 1 на пункт 3, выполнить определение вектора 2-3.
- 3) Переместить приемник с пункта 2 на пункт 4, выполнить определение вектора 3-4.
- 4) Переместить приемник с пункта 3 на пункт 5, выполнить определение вектора 4-5.
- 5) Повторить измерения на всех пунктах. При этом приемники должны посетить те же пункты, что и в первый раз (см. Руководство пользователя)

12.1.8. Возможно применение комбинации радиального и траверсного ПКМ. На рис. 3 показана схема для одного референчного и двух мобильных приемников.

Рис. 3

Один приемник находится на пункте, выбранном в качестве референчного (референчная станция). Мобильные приемники перемещаются с пункта на пункт, как в траверсном ПКМ. При этом желательно выполнять измерения тремя приемниками одновременно. Тогда в результате обработки измерений будут определены векторы между референчным и определяемыми пунктами и, дополнительно, векторы между определяемыми пунктами.

12.1.9. Вариант траверсного ПКМ с использованием трех мобильных приемников аналогичен статическому методу, но с двойным посещением пунктов.

1) Первое размещение приемников:

Рис. 4

Таблица 7

Вектор	От приемника	К приемнику	Номер сеанса	Продолжит. сеанса
1 – 2	1	2	1-й сеанс	10 мин.
1 – 3	1	3	1-й сеанс	10 мин.
2 – 3	2	3	1-й сеанс	10 мин.

2) Второе размещение приемников:

Рис. 5

Таблица 8

Вектор	От приемника	К приемнику	Номер сеанса	Продолжит. сеанса
3 – 4	3	1	2-й сеанс	10 мин.
3 – 5	3	2	2-й сеанс	10 мин.
4 – 5	1	2	2-й сеанс	10 мин.

3) Третье размещение приемников:

Рис. 6

Таблица 9

Вектор	От приемника	К приемнику	Номер сеанса	Продолжит. сеанса
5 – 6	2	1	3-й сеанс	10 мин.
5 – 7	3	2	3-й сеанс	10 мин.
6 – 7	1	2	3-й сеанс	10 мин.

Повторить измерения на пунктах в том же порядке.

12.1.10. Порядок работы на станции и требования аналогичны статическому методу (см. раздел 11.1).

12.2. Метод Stop & Go ("Стой – Иди") кинематика

12.2.1. Метод Stop & Go предполагает выполнение одновременных наблюдений между референсным и мобильным (одним и более) приемниками. Определение координат выполняется при непосредственной установке антенны на определяемых пунктах, т. е. измерения относятся к закрепленным точкам на местности. За счет непрерывности работы приемников возрастает объем измерений, что позволяет получить точность, сопоставимую со статическим методом.

12.2.2. Метод Stop & Go применяется в сетях с большим количеством пунктов (точек) на открытой местности.

12.2.3. Продолжительность времени измерений на пункте – 1 мин.

12.2.4. Основные требования метода Stop & Go:

- решение неоднозначности до начала выполнения измерений (инициализация);
- поддержание постоянного захвата не менее 4-х спутников во время движения;

- интервал записи – 5-10 сек (см. Руководство пользователя);
- при потере захвата спутников необходимо вернуться на предыдущую определенную точку и повторить измерения или заново выполнить процедуру инициализации.

12.2.5. В Stop & Go для связи измерений во время движения мобильного приемника до начала измерений должна быть решена неоднозначность, т. е. выполнена инициализация приемника. Существует несколько способов инициализации: статическая сессия, обмен антенн, известная базисная линия, On-The-Fly (On-The-Way) – инициализация в полете (в пути).

Рис. 7

1) При статической (быстростатической) сессии выполняются одновременные измерения на двух пунктах в течение длительного времени (не менее 1-го часа для статического метода). Координаты одного из пунктов должны быть известны. В качестве второго пункта может

использоваться любая временная точка (Мобильный1), выбранная для инициализации, или первая определяемая точка 1 (см. рис. 7). Расстояние между точками может быть от 2 м до 1 км.

2) При обмене антенн на расстоянии 5-10 м от исходного пункта выбирается временная точка (Мобильный1). На пунктах Референцный1 и Мобильный1 выполняют измерения в течение 5-10 мин с не менее чем 4-х спутников. Затем меняют антенны местами, поддерживая постоянный захват не менее 4-х спутников. При новой установке продолжают измерения в течение 5-10 минут, после чего антенны возвращаются в первоначальное, исходное положение. Необходимым условием является одинаковая высота антенны при первой и повторной установке.

3) При использовании известной базисной линии (с точностью $\pm 5\text{см}$), выполняют 2-х-минутный сеанс наблюдений на пунктах этой линии, после чего приступают к непосредственным измерениям.

4) On-The-Fly поддерживается только двухчастотными приемниками при возможности программного обеспечения решать неоднозначность при такой инициализации. Для решения неоднозначности достаточно накопить непрерывные (без пропуска циклов) измерения при постоянном захвате не менее чем 5-ти спутников в течение некоторого периода времени, причем мобильный приемник может немедленно начинать измерения на определяемых пунктах. При потере захвата продолжается процедура измерений и в течение следующего интервала времени с 5-ю спутниками решается неоднозначность. Количество спутников влияет на время решения неоднозначности: чем больше спутников, тем меньше время инициализации. Для получения полной информации необходимо обратиться к Руководству пользователя конкретным типом спутникового приемника.

12.2.6. В зависимости от количества приемников и взаимного расположения пунктов возможны различные варианты использования Stop & Go. Типовыми схемами являются радиальный и траверсный. В радиальном методе для контроля рекомендуется выполнять повторные определения пунктов, в траверсном – выполнить замыкание между начальным и конечным пунктом.

12.2.7. При использовании двух приемников один находится на референчном пункте, а второй (мобильный) перемещается по определяемым пунктам. При повторном посещении можно сохранить референчную станцию или переместить ее на другой пункт (см. рис. 8). Для получения независимых результатов измерений необходимо, чтобы разница во времени между повторными сеансами составляла около 1 часа, в течение которого изменится геометрическое расположение спутников.

Рис. 8

12.2.8. При использовании трех приемников один находится на референчном пункте, а два мобильных приемника (одновременно) перемещаются по определяемым точкам – навстречу или вслед друг другу (см. рис. 9).

Возможен другой вариант, когда два приемника находятся на референчных пунктах, а третий перемещается по определяемым точкам (см. рис. 10).

Рис. 9

Рис. 10

12.2.9. При использовании четырех приемников рекомендуется использовать две референчные станции и две мобильные. Это позволит измерить по четыре вектора на каждый определяемый пункт и выполнить два независимых определения координат (см. рис. 11).

Рис. 11

12.2.10. Порядок работы на референчной станции и требования аналогичны статическому методу (см. раздел 11.1.). Установки на референчном и мобильном приемниках выполняются в соответствии с Руководством пользователя.

Порядок работы на мобильной станции устанавливается Руководством пользователя.

При перемещении с пункта на пункт необходимо поддерживать постоянный захват спутников. При потере захвата спутников необходимо вернуться на предыдущую определенную точку и повторить измерения, или заново выполнить процедуру инициализации.

По окончании измерений рекомендуется выполнить замыкание на первый пункт. Это позволит в случае необходимости выполнить обработку измерений с конца наблюдений.

12.3. Кинематика в режиме реального времени (Real-Time Kinematic)

12.3.1. Для выполнения измерений методом RTK необходимо следующее оборудование; референчная станция, одна (или более) мобильная станция, специальное оборудование для передачи данных с референчного на мобильный приемник (радиомодем), специальное программное обеспечение приемников.

12.3.2. Референцная станция устанавливается на пункте с известными координатами. Референчный приемник вычисляет и передает по линии связи поправки к измеренным псевдодальностям на мобильный приемник. Поправки определяются как разность измеренной псевдодальности и истинной дальности, вычисленной по точным координатам, введенным в приемник. Определение выполняется каждую эпоху наблюдений. Мобильный приемник вводит принимаемые поправки в измеряемые им псевдодальности и исправленные значения дальностей использует для вычисления своего положения. Координаты определяются немедленно в полевых условиях.

12.3.3. RTK применяется в сетях с большим количеством пунктов (точек) на открытой местности, при создании съемочных сетей.

12.3.4. Продолжительность времени измерений на пункте – менее 1 мин.

12.3.5. Основные требования аналогичны требованиям метода Stop & Go.

12.3.6. Технология выполнения измерений методом RTK аналогична технологии метода Stop & Go.

Особые требования предъявляются к средствам передачи поправок – радиомодему. Референцную станцию рекомендуется устанавливать на открытом, возвышенном месте для обеспечения беспрепятственной радиосвязи между приемниками и увеличения радиуса действия радиомодема. Перед началом измерений необходимо проверить кабельные соединения и убедиться, что связь с мобильным приемником установлена.

13. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПОСЛЕ НАБЛЮДЕНИЙ

13.1. В случае внецентренной установки спутникового приемника на станции выполняются измерения по определению элементов центрирования приемника. На рис. 12 приведена одна из возможных схем.

Рис. 12

Выбор схемы определяется исполнителем для каждого конкретного случая. Точность определения элементов центрирования должна соответствовать точности создаваемой сети.

13.2. После выполнения спутниковых измерений выполняется перенос ("перекачка") данных из приемника в компьютер с помощью программного обеспечения. При этом выполняется проверка (желательно во вторую руку) имен файлов, названий пунктов, введенных высот антенн по записям в полевом журнале наблюдений. После корректировки результаты измерений рекомендуется записывать на два носителя (дискеты) и хранить их в разных местах.

13.3. В результате выполнения измерений должны быть получены файлы, содержащие измерения, пригодные для камеральной обработки. Для своевременного обнаружения некачественных измерений предварительную обработку данных необходимо выполнять по завершении каждого дня работы на компьютере. Контроль качества включает в себя предварительное вычисление векторов. Качество полученных результатов определяется по критериям программы обработки спутниковых измерений.

14. СДАЧА ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сдаче подлежат следующие полевые материалы:

- 1) Дискеты, содержащие файлы полевых измерений ("сырые" данные), файлы предварительной обработки результатов измерений, систематизированные по каталогам.
- 2) Полевые журналы.
- 3) Схема выполненных работ с указанием положений референцной и мобильной станций и связей, полученных в процессе измерений.
- 4) Пояснительная записка

15. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ спутниковых ИЗМЕРЕНИЙ

15.1. Составной частью комплекта геодезических спутниковых приемников является программное обеспечение для планирования, управления, обработки и составления итогового отчета по данным спутниковых измерений. В данном разделе дано краткое описание программы PRISM фирмы ASHTECH. Программное обеспечение других фирм по своей структуре и выполняемым функциям аналогичны PRISM.

15.2. PRISM состоит из системы модулей (программ), каждый из которых выполняет определенную задачу. Список и краткое описание модулей приведено в таблице 8.

Таблица 10

№№	Наименование	Целевое назначение
1	Transfer	Перенос файлов измерений из приемника в компьютер
2	Planning	Планирование наблюдений
3	Process	Обработка файлов измерений

4	Adjust	Уравнивание
5	GPS/CADD	Графическое представление результатов работ
6	Database	Работа с данными обработки и измерений
7	Setup	Установка и изменение параметров программы
8	Tools	Служебные утилиты

Модули полностью совместимы и позволяют свободно переключаться между собой под управлением оболочки PRISM.

15.2.1. Программа Transfer позволяет выгрузить файлы из приемника в компьютер для дальнейшей обработки: бинарные файлы с информацией по фазовым измерениям, бинарные эфемеридные файлы, файлы с информацией о точке стояния. Transfer может выгрузить из приемника текущий спутниковый альманах. Альманах входит в состав спутникового сообщения и включает в себя информацию о приближенных орбитах всех спутников.

15.2.2. Программа Planning позволяет по данным спутникового альманаха выбирать время наблюдений для обеспечения нормальных условий наблюдений по количеству спутников и значению DOP с учетом имеющихся на пункте препятствий. Выбор окна наблюдений выполняется по следующим параметрам: местоположение пункта, дата и время измерений, угол отсечки спутников, номера спутников, препятствия на пункте. Данные можно записать в базу данных модуля Database.

Планирование сеансов наблюдений является ответственным элементом спутниковой технологии. Основная цель планирования наблюдений – выбор оптимального интервала времени выполнения измерений (окно наблюдений) с достаточным количеством наблюдаемых спутников, с хорошим показателем DOP и с учетом влияния препятствий на станции наблюдений.

Начало и окончание сеанса наблюдений определяется в зависимости от следующих факторов:

- количество видимых спутников;
- наличие препятствий прохождения спутниковых сигналов на пунктах наблюдений;
- географических координат пункта наблюдений;
- даты наблюдений;
- интервала рабочего времени в местной шкале времени.

Программа планирования позволяет решить следующие задачи:

- на основе рекогносцировки смоделировать схему препятствий на пункте и записать в базу данных;
- вычислить и показать графики прохождения спутников над заданным пунктом с указанием номеров спутников;
- вычислить и показать графически количество видимых и доступных спутников в заданный интервал времени;
- вычислить и показать график показателя DOP, который позволит выбрать интервалы времени с низким DOP.

15.2.3. Программа Process позволяет определить пространственные векторы и производить оценку точности по внутренней сходимости. Process обрабатывает C/A-кодовые измерения, фазовые измерения на L_1 и P-кодовые, фазовые измерения на L_2 . В Process можно выбирать режим обработки в зависимости от методов измерений, вводить данные о пункте стояния (высота антенны, метеопараметры и т.п.), обрабатывать данные в автоматическом или в ручном режиме.

Цель предварительной обработки в относительном методе спутниковых измерений – вычислить пространственный вектор между одновременно работавшими приемниками, приращения прямоугольных пространственных координат ΔX , ΔY , ΔZ , наклонное расстояние D и геодезические координаты B , L , H определяемого пункта относительно исходного.

Обработка фазовых измерений на частоте L_1 выполняются в следующем порядке:

- 1) По третьим разностям выявляются потери фазовых циклов и в первом приближении определяются координаты определяемого пункта наблюдений.
- 2) По вторым разностям определяются фазовые неоднозначности и более точные значения координат (плавающее решение неоднозначности).
- 3) Фазовые неоднозначности округляются до ближайших целых, после чего решение повторяется. Неизвестными являются координаты пунктов, на которых неоднозначности не разрешились до целого в предыдущем решении.
- 4) Окончательное решение по вторым разностям с фиксированными значениями неоднозначностей. Неизвестными являются только координаты определяемого пункта.

В качестве исходных данных при обработке служат:

- Координаты исходного пункта (B , L , H).
- Высоты антенн над центрами пунктов.
- Текущие координаты спутников, поправки часов спутника и параметры ионосферной задержки (из спутниковых сообщений).

- Измеренные фазы несущей частоты для всех наблюдаемых спутников и псевдодальности на момент наблюдений.

В процессе предварительной обработки производится оценка качества наблюдений по критерию величины средней квадратической погрешности (СКП) разностного решения (RMS), параметру качества фиксированного решения (Ratio).

15.2.4. Программа Adjust предназначена для уравнивания сети. Она может импортировать векторы, вычисленные в модуле Process, или хранящиеся в Database, вводить координаты исходных пунктов, определять станции как фиксированные или свободные, придавать им веса, задавая погрешность координат исходных пунктов, исключать пункты или вектора из уравнивания; выполнять уравнивание в трехмерной системе координат, выполнять оценку качества измерений по невязкам в замкнутых фигурах.

Модуль Fillnet, входящий в Adjust, производит два варианта уравнивания – свободное и несвободное. При уравнивании свободной сети производится внутреннее согласование всех векторов. При уравнивании несвободной сети, кроме обычных задач, дополнительно определяются параметры трансформации (масштаб сети, углы разворота и смещение центра). По результатам уравнивания выдается статистическая информация с оценкой точности выполненного уравнивания.

15.2.5. Программа GPS/CADD позволяет представлять результаты уравнивания и наблюдений в графической форме для анализа и включения в окончательный отчет.

15.2.6. Программа Database позволяет вводить информацию о векторах и станциях из различных источников, включая пункты ГГС и результаты отдельных уравниваний, редактировать введенные данные, запрашивать точки по географическим координатам или другим признакам, графически отображать векторы и информацию о пунктах, что способствует оперативной разработке проекта и отбраковке сторон сети, выбирать векторы для создания файлов уравнивания, распечатывать информацию о пунктах и векторах для целей рекогносцировки и для составления окончательного отчета. Надо посмотреть

15.2.7. Окно Setup позволяет установить параметры оборудования (компьютера).

15.2.8. Программа Tools позволяет выполнять преобразование координат в систему координат пользователя, преобразование спутниковых измерений в формат RINEX и т. п. функции.

16. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА

16.1. Отчетность по выполненным работам производится в два этапа. На первом этапе руководителем бригады составляется отчет по результатам постобработки спутниковых измерений. На втором этапе составляется технический отчет в соответствии с требованиями [11] п. 1.2.

16.2. Отчет руководителя бригады должен содержать следующие сведения:

- схема сети;

- список исходных пунктов;
- список замкнутых фигур, образованных исходными векторами;
- результаты общего уравнивания;
- название программы обработки и уравнивания, номер версии.

16.3. Распечатка уравнивания сети включает следующую информацию (для программы Prism):

- название файла, геодезические координаты центра сети;
- параметры эллипсоида, на котором выполнено уравнивание (a , $1/f$);
- предварительные геодезические координаты пунктов (B , L , H) в системе WGS-84;
- исходные вектора с указанием названия пунктов, приращений ΔX , ΔY , ΔZ и априорных СКП σ_B , σ_L , σ_H ;
- поправка в координаты из уравнивания ΔB , ΔL , ΔH в метрах (Shift);
- уравненные вектора с поправками v_{XYZ} , v_{NEW} в системах X , Y , Z и N , E , W , а также нормативные поправки v' ;
- SE – стандартную ошибку единицы веса;
- уравненные координаты пунктов B , L , H с СКП их вычисления;
- результаты оценки точности уравненных векторов, включающие характеристики положения векторов в трехмерном пространстве и относительные ошибки уравненных векторов.

16.4. Заключительный технический отчет должен состоять из следующих разделов:

- общие сведения (название организации, год производства работ, район работ, их содержание, назначение и объем, инструкции и наставления, использованные при производстве работ);
- исходные данные (список исходных пунктов геодезической основы, год производства работ, наименование организаций, производивших работы, схемы исходной основы);
- работы прежних лет и связь с ними (список общих пунктов с указанием названий организаций, производивших работы, год выполнения, связь ранее исполненной работы с вновь построенной сетью);

- рекогносцировка пунктов и планирование работ (результаты рекогносцировки, типы вновь закладываемых центров, выявление препятствий, материалы рабочего проектирования);
- краткая характеристика приборов и инструментов (тип приборов и оборудования, результаты эталонирования и проверок всего использовавшегося оборудования);
- методика измерений (наблюдений) (краткая характеристика методов спутниковых измерений и геометрических условий наблюдений);
- оценка точности полученных результатов;
- заключение;
- приложения с включением различных схем и таблиц.

СПИСОК принятых сокращений

A-S – Anti-Spoofing

C/A – Clear Acquisition

DOP – Dilution Of Precision

GPS – Global Positioning System

NAVSTAR – Navigation Satellite Timing And Ranging

P – Precision

RINEX – Receiver INdependent EXchange

RTK – Real-Time Kinematic

SA – Selective Availability

WGS-84 – World Geodetic System, 1984

АГС – Астрономо-Геодезическая Сеть

АП – Аппаратура Пользователей

БСМ – БыстроСтатический Метод
ВГС – Высокоточная Геодезическая Сеть
ВТ – Высокая Точность (коды)
ГГС – Государственная Геодезическая Сеть
ГЛОНАСС – Глобальная Навигационная Спутниковая Система
ГСС – Геодезические Сети Сгущения
КА – Космические Аппараты (подсистема)
НКУ – Наземный Контроль и Управление (подсистема)
ПЗ-90 – Параметры Земли, 1990
ПКМ – ПсевдоКинематический Метод
СГС-1 – Спутниковая Геодезическая Сеть 1-го класса
СК-42 (95) – Система Координат, 1942 (1995)
СКП – СреднеКвадратическая Погрешность
СНС – Спутниковая Навигационные Система
СТ – Стандартная Точность (коды)
ФАГС – Фундаментальная Астрономо-Геодезическая Сеть

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ словарь

С/А код

Общедоступный (грубый) код GPS, которым модулируется сигнал GPS, имеющий частоту L_1 . Этот код представляет собой последовательность, состоящую из 1023 псевдослучайных бинарных парафазных модуляций (бит) несущих колебаний GPS с битовой скоростью 1,023 МГц, в результате чего период повторяемости кода равен одной миллисекунде.

DOP – Dilution of precision (Понижение точности)

Влияние геометрического расположения конфигурации спутников в момент измерений на погрешность определения местоположения. Значение DOP – безразмерное число больше нуля. Независимо от метода измерений, оценивается только геометрическая конфигурация между спутниками и местом установки антенны приемника. Меньшее значение DOP (т. е. лучшая геометрическая конфигурация) создает условия, гарантирующие надежное определение местоположения. Применительно к GPS используют следующие термины:

GDOP – геометрический фактор, отнесенный к трехмерным координатам плюс взаимный уход показаний часов;

PDOP – то же, но только к трехмерным координатам;

HDOP – то же, но только к двум плановым координатам;

VDOP – то же, но только к высоте;

TDOP – то же, но только к уходу показаний часов;

HTDOP – то же, но только к плановому положению и к часам.

P-код

Точный код GPS, которым модулируется сигнал GPS, имеющий частоты L_1 и L_2 . Этот код представляет собой последовательность, состоящую из около 10 514 псевдослучайных бинарных парафазных модуляций (бит) несущих колебаний GPS при битовой скорости 10,23 МГц, которая не повторяет сама себя в течение около 267 суток. Каждый однонедельный сегмент P-кода является уникальным для одного спутника GPS, и он приходит в исходное состояние каждую неделю. Доступ к P-коду имеют только санкционированные пользователи системы GPS.

RINEX (Receiver INdependent EXchange)

Независимый ASCII формат обмена данными спутниковых измерений, который используется для объединения данных из различных спутниковых приемников в одном программном обеспечении. Данное понятие включает в себя набор стандартных определений и форматов, позволяющих осуществить свободный обмен данными спутниковых измерений GPS.

Y-код

Санкционированная версия P-кода, которая передается спутниками GPS в тех случаях, когда действует режим избирательного (селективного) доступа (SA).

Альманах (Almanac)

Набор приближенных спутниковых данных, используемый для вычисления местоположения спутника, времени появления его над горизонтом, возвышения и азимута.

Анти-фабрикование (Anti-spoofing – A-S)

Процесс шифровки P-кода (в форме Y-кода). Если Y код не активизирован, P код может полностью использоваться приемниками P-кода.

Вектор, базисная линия (Baseline)

Пространственный вектор между двумя наземными станциями (пунктами), на которых был организован одновременный сбор данных спутниковых измерений и для которых выполнялась обработка материалов измерений с использованием относительного метода. Вектор соответствует земному пространственному расстоянию. В отличие от последнего, определяется не только значением расстояния, но и ориентацией в пространстве.

Время GPS (GPS time)

Непрерывная шкала отсчета времени, основанная на координатном универсальном времени (UTC) от 6 января 1980г. GPS время состоит из GPS недель и GPS секунд внутри GPS недели. GPS недели начинаются в полночь между субботой и воскресеньем и последовательно пронумерованы, начиная с момента инициализации GPS. Дополнительно определяется GPS день как номер дня в году, то есть 001, 002 до 365 (или 366).

Дифференциальные измерения (Differenced measurements)

Измерения GPS могут быть разностными (дифференциальными) относительно приемников, относительно спутников и относительно времени. Хотя возможно много комбинаций, но современная договоренность, касающаяся дифференциальных фазовых измерений GPS, состоит в том, чтобы формировать разности в следующем порядке: в начале разность между приемниками, во вторую очередь разность между спутниками и в третью очередь разность между различными моментами времени.

- Измерения, базирующиеся на первой разности, (т.е. между приемниками), представляют собой мгновенную разность текущих фаз принимаемого сигнала, измеряемых одновременно двумя приемниками при наблюдениях одного и того же спутника.
- Измерения, базирующиеся на второй разности, (т.е. между приемниками и между спутниками), представляют собой разность между первой разностью, полученной для одного спутника, и соответствующей первой разностью, полученной для выбранного опорного спутника.
- Измерения, базирующиеся на третьей разности, (т.е. между приемниками, между спутниками и между различными моментами времени), представляют собой разность между второй разностью, относящейся к одному моменту времени, и аналогичной второй разностью, относящейся к другому моменту времени.

Доплеровский сдвиг частоты, доплеровский эффект (Doppler shift)

Кажущееся изменение частоты принимаемого сигнала, обусловленное скоростью изменения расстояния между передатчиком и приемником.

Задержанный во времени захват (Delay Lock)

Метод, с помощью которого принимаемый код (генерируемый часами спутника) сравнивается с кодом (генерируемым часами приемника), причем последний сдвигается во времени до тех пор, пока эти два кода совпадут.

Избирательный (селективный) доступ (Selective availability – SA)

Понижение точности определения местоположения отдельных точек для гражданских потребителей, вводимое Министерством обороны США. SA реализуется или за счет добавления псевдослучайного сигнала к показаниям часов или за счет огрубления информации об орбитах.

Интервал записи (Record interval)

Определенный промежуток времени, через который производится запись спутниковых измерений в память приемника. Интервал записи должен быть одинаковым для всех приемников, участвующих в сеансе.

Канал в приемнике (Receiver channel)

Аналоговая (высокочастотная) и дискретная (цифровая) аппаратная часть, а также программное обеспечение в приемнике, необходимые для отслеживания сигналов, поступающих от одного из спутников на одной или двух несущих частотах.

Код

Система сигналов, в которой произвольно выбранным последовательностям нулей и единиц приписываются определенные значения.

Многопутность (отражение) принимаемого сигнала (Multipath error)

Ошибка определения координат местоположения, являющаяся результатом интерференции радиоволн, которые проходят расстояние между передатчиком и приемником различными путями неодинаковой электрической длины.

Неоднозначность (Ambiguity)

Неизвестное целое число циклов восстановленной фазы несущих колебаний, содержащееся в неразрушенной последовательности измерений и обусловленное временем прохождения радиосигнала от одного отдельного спутника до одного конкретного приемника.

Окно наблюдений

Оптимальный интервал времени выполнения спутниковых измерений с достаточным количеством наблюдаемых спутников, с хорошим показателем DOP и с учетом влияния препятствий на станции наблюдений.

Относительный метод определения местоположения (относительное позиционирование) (Differential positioning, Relative positioning)

Определение относительных координат между двумя или более приемниками, которые одновременно отслеживают одни и те же спутниковые сигналы.

Пропуск циклов (Cycle slip)

Разрывность в значении целочисленного количества циклов при фазовых измерениях несущих колебаний на частоте биений, в результате чего происходит временная потеря захвата поступающих от спутников радиосигналов, например, из-за препятствий (деревья, здания и т. п.).

Псевдодальность (Pseudorange)

Расстояние, определенное через измерение кажущегося времени распространения сигнала от спутника до антенны приемника и скорость света. Кажущееся время распространения представляет собой разность между временем приема сигнала (по часам приемника) и временем его излучения (по часам спутника). Отличие псевдодальности от реальной дальности обусловлено влиянием несинхронности хода часов на спутнике и в приемнике.

Сеанс (сессия) наблюдений (Observing Session)

Период времени, в течение которого собираются данные спутниковых измерений одновременно двумя или более приемниками.

Спутники, "созвездие" (Satellite Constellation)

Расположение в пространстве полного набора спутников, входящих в систему, подобную GPS.

Спутники, конфигурация (Satellite Configuration)

Состояние "созвездия" спутников в конкретный момент времени, относящееся к конкретному пользователю или к группе пользователей.

Спутниковое (навигационное) сообщение

Входящее в состав спутниковых сигналов сообщение, которое содержит информацию о местоположении спутника, поправки к показаниям часов и состояние работоспособности спутника. В данное сообщение включается также приближенная информация о статусе других спутников, входящих в "созвездие" GPS (альманах).

Станция (приемник): референцная (ый) и мобильная (ый)

Понятие референцной и мобильной станции относятся к относительному методу определения координат местоположения (позиционирования): референцная станция – неподвижная в течение всего сеанса наблюдений, мобильная станция – перемещаемая с пункта на пункт. Программа обработки вычисляет координаты мобильной станции относительно референцной станции. Совместная работа референцной и мобильной станций определяет сеанс наблюдений.

Угол отсечки, маска (Cut-off angle)

Минимальный угол возвышения спутника над горизонтом, ниже которого приемник не отслеживает спутники. Это необходимо для исключения влияния тропосферы на спутниковые сигналы.

Частота несущая (Carrier frequency)

Частота немодулированных колебаний на основном выходе радиопередатчика. В GPS несущая частота L_1 равна 1575,42 МГц, а несущая частота L_2 равна 1227,60 МГц.

Частота основная (Fundamental frequency)

Используемая в GPS основная частота F , равная 10,23 МГц. Несущие частоты L_1 и L_2 соответствуют основной частоте, умноженной в целое кратное число раз:

$$L_1 = 154F = 1575,42 \text{ МГц}$$

$$L_2 = 120F = 1227,60 \text{ МГц.}$$

Эпоха (Epoch)

Индивидуальный фиксированный момент времени, используемый как опорная точка на шкале времени.

Эфемериды (Ephemeris)

Набор значений местоположения спутников в пространстве как функция времени.

Эфемериды, ошибка в значениях (Ephemeris error)

Разность между действительным положением спутника и местоположением, предсказанным на основе спутниковых орбитальных данных (эфемерид).

Приложение 1

ПРИМЕРНЫЕ СХЕМЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

1) замкнутых геометрических фигур (полигонов)

2) Радиальная сеть

Приложение 2

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ ПУНКТОВ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Исходный пункт сети с известными координатами

Референцная станция в сети

Мобильная станция в сети

Пункт полигонометрии, используемый в спутниковой сети как исходный

Нивелирный репер, используемый в спутниковой сети как референцная станция

Пункт триангуляции, определяемый в спутниковой сети мобильной станцией

Условные знаки наносятся синим цветом, размер больше условного геодезического знака.

ЖУРНАЛ ОБСЛЕДОВАНИЯ И РЕКОГНОСЦИРОВКИ ПУНКТА СПУТНИКОВОЙ СЕТИ

Пункт

Полное название пункта			
Тип пункта			
Номер пункта		Код пункта	

WGS-84 (ПЗ-90)

Широта В	Долгота L	Высота Н, м.
° ' " N	° ' " E	

Таблица азимутов и вертикальных углов препятствий на пункте

№ п/п	Азимут, α		Угол наклона, β		Примечания
	°	'	°	'	
1					
2					
3					
4					

Составил

Приложение 4

РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА СЕАНСОВ В СЕТИ ¹

1) Формула для подсчета минимального количества сеансов:

2) Принятые обозначения:

S – число сеансов,

P – общее число пунктов в сети,

O – число общих пунктов в сеансах,

N – количество приемников.

3) Пример:

При $P = 16$, $N = 4$, $O = 1$ минимальное количество сеансов S, необходимое для вычисления координат пунктов, будет равно 5.
Значение S округляется в большую сторону.

4) Схема расстановок приемников:

– номер сеанса

– расстановка приемников

Приложение 5

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА СЕАНСОВ ДЛЯ СЕТИ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНИКОВ ²

Обязательным условием в подобной сети является наличие двух общих пунктов между смежными сеансами

1) Формула для подсчета количества сеансов:

2) Формула для подсчета количества векторов в сети:

3) Формула для подсчета количества четырехугольников в сети:

4) Принятые обозначения:

P – общее число пунктов в сети,

N – количество приемников,

S – число сеансов,

V – количество векторов,

F – количество четырехугольников в сети,

5) Пример:

- Количество сеансов:

При $P = 16$, $N = 4$ общее количество сеансов наблюдений будет равно 8.

- Количество векторов:

При $S = 8$, $N = 4$ количество векторов в сети будет равно 24.

- Количество четырехугольников:

При $V = 24$, $P = 16$ количество четырехугольников в сети будет равно 9.

Приложение 5 (продолжение)

б) Схема расстановок приемников и геометрических связей между пунктами:

- номер сеанса
- расстановка приемников

Приложение 6

РАСПИСАНИЕ спутниковых ИЗМЕРЕНИЙ

-

Объект	
Бригада	
Исполнитель	

-

№ п/п	Код пункта	Описание пункта	Начало наблюдений (дата, время)	Конец наблюдений (дата, время)	Время перемещения на следующий пункт
1					

2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

•

Составил	
----------	--

Приложение 7

ЖУРНАЛ СЕАНСОВ спутниковых ИЗМЕРЕНИЙ

1) Титульный лист

(министерство, ведомство)

(организация)

(экспедиция, партия)

199__г.

Объект _____

ЖУРНАЛ № _____

сеансов спутниковых измерений

Исполнитель _____

Код исполнителя _____

Начальник партии _____

Нашедшего журнал просят возвратить его по адресу:

Приложение 7 (продолжение)

2) Обратная сторона титульного листа

Тип приемника _____

Его серийный номер _____

Номер версии программного обеспечения _____

Тип памяти (внутренняя, внешняя) _____

Номер карточки (для внешней памяти) _____

Тип контроллера _____

Его серийный номер _____

Номер версии программного обеспечения _____

Тип антенны _____

Ее серийный номер _____

Радиус антенны _____

Вынос фазового центра _____

Схема измерения высоты антенны

Тип барометра _____

Серийный номер барометра _____

Тип психрометра _____

Номер психрометра _____

Приложение 7 (продолжение)

3) Форма журнала сеансов спутниковых измерений

Пункт

•

Полное название пункта			
Номер пункта		Код пункта	

Сохранение информации

•

Интервал записи, сек.	
-----------------------	--

Время работы

•

Номер сеанса	
--------------	--

	Местная дата	Местное время
Включение		
Выключение		
Были ли сбои в работе приемника ♦		

Высота антенны, м.

•

	1	2	3	Среднее
До измерений				
После измерений				
Ориентирование антенны на истинный север ♦				

Условия измерений

•

Местное время	Кол. спутн.	DOP	Примечания

--	--	--	--

Метеопараметры

•

Местное время	Погода	Тем-ра	Давление	Влажность

Примечания

(условия приема спутников, сбои в работе станции, устойчивость штатива и др.)