

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ПОСТРОЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ 1- ГО КЛАССА С ПРИМЕНЕНИЕМ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

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

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ, КАДАСТРОВЫЕ ИНСТРУКЦИИ, НОРМЫ И ПРАВИЛА

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ПО ПОСТРОЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СПУТНИКОВОЙ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ 1-ГО КЛАССА С ПРИМЕНЕНИЕМ
СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ГККИНП – 01 – 024 – 99

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

ТАШКЕНТ, 1999

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

_____ 1999 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ
ПО ПОСТРОЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СПУТНИКОВОЙ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ 1-ГО КЛАССА С ПРИМЕНЕНИЕМ
СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ГККИНП – 01 – 024 – 99

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

ТАШКЕНТ, 1999

Лист утверждения к изданию

УДК 528.3: 629.783

Аннотация заполняется после утверждения при издании

А Н Н О Т А Ц И Я

Построение государственной спутниковой геодезической сети 1-го класса с применением спутниковых навигационных систем. – Ташкент: Узгеодезкадастр, 1999. - с. (Руководящий технический материал) ГККИНП–01–024–99.

Руководящий технический материал (РТМ) разработан Главным управлением геодезии, картографии и государственного кадастра (Узгеодезкадастр).

Составители: Вайсберг Л. Г. (руководитель работ), Антипкин В. И., Арифбаев А. Х., Белевич С. В., Лагутов Д. Г., Мамлиев Ф. Ф., Ташпулатов С. А., Тен Ю. Ч., Травин В. А., Ходжаев И. В.

РТМ составлен в развитие общей концепции построения государственной геодезической сети Республики Узбекистан, изложенной в "Государственной целевой программе по использованию глобальных спутниковых навигационных систем GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) для топографо-геодезического и кадастрового обеспечения территории Республики Узбекистан".

РТМ определяет основные требования к технологии выполнения работ по построению системы референчных геодезических пунктов и спутниковой геодезической сети 1-го класса.

РТМ утвержден приказом Начальника Узгеодезкадастра № _____ от _____ г. и вводится в действие с _____ г.

Издается впервые.

Обязательны для использования во всех подразделениях Главного управления геодезии, картографии и государственного кадастра при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

© Главное управление геодезии, картографии и государственного кадастра при Кабинете Министров Республики Узбекистан, 1999.

1. Общие положения

1.1. Государственная геодезическая сеть (ГГС), создаваемая в соответствии с общей концепцией, изложенной в "Государственной целевой программе по использованию глобальных спутниковых навигационных систем GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) для топографо-геодезического и кадастрового обеспечения территории Республики Узбекистан" [1], по своей структуре формируется по принципу перехода от общего к частному.

1.2. ГГС состоит из нескольких уровней и включает в себя следующие геодезические построения:

- система референчных геодезических пунктов (РГП);
- спутниковая геодезическая сеть 1-го класса (СГС-1);
- астрономо-геодезическая сеть (АГС);
- геодезические сети сгущения (ГСС).

В настоящем РТМ рассматривается технология построения системы РГП и СГС-1.

1.3. Система РГП предназначена для закрепления пространственной общеземной системы координат (WGS-84) непосредственно на территории Республики Узбекистан. Исходными пунктами для РГП являются постоянно действующие пункты Международной GPS-службы для геодинамики (International GPS-Service for Geodynamics – IGS), в том числе расположенные на территории Республики Узбекистан (г. Китаб). В дальнейшем система РГП будет преобразована в единую однородную геодезическую сеть путем выполнения одновременных измерений на всех РГП и их совместной обработки с измерениями, выполненными на пунктах IGS.

1.3.1. Через систему РГП осуществляется передача пространственной общеземной системы координат на пункты создаваемых фрагментов СГС-1.

1.3.2. РГП подразделяются по режиму работы на постоянно действующие (активные) и периодически действующие (пассивные). Режим работы РГП определяется техническим проектом.

1.3.3. Координаты РГП определяются относительным методом спутниковой геодезии в пространственной общеземной системе координат (WGS-84).

1.3.4. Каждый РГП должен быть связан непосредственными измерениями с не менее чем тремя пунктами IGS и со всеми смежными РГП.

1.3.5. Средняя квадратическая ошибка (СКО) определения положения РГП относительно ближайшего пункта IGS должна быть не более 2 см по плановым координатам и не более 3 см по геодезической высоте.

1.3.6. СКО определения взаимного положения смежных РГП должна быть не более $3 \text{ мм} + 5 \times 10^{-8} D \text{ мм}$ (D – расстояние между РГП в мм) по каждой плановой координате и не более $5 \text{ мм} + 7 \times 10^{-8} D \text{ мм}$ по геодезической высоте.

1.3.7. РГП должны иметь надежную связь с существующей АГС и государственной нивелирной сетью I, II классов.

Для обеспечения связи с существующей АГС, РГП должны, как правило, совмещаться с пунктами АГС или привязаны к ближайшим из них со СКО не более 2 см по каждой плановой координате.

Для обеспечения связи с существующей главной высотной основой, РГП должны совмещаться с фундаментальными реперами нивелирования I и II классов или привязаны к ближайшим из них методом высокоточного нивелирования.

1.4. СГС-1 представляет собой пространственное геодезическое построение, состоящее из системы удобных для практического использования пунктов.

1.4.1. СГС-1 создается отдельными фрагментами, которые связываются между собой через систему РГП. Создаваемый фрагмент СГС-1 является свободной сетью с одним исходным пунктом. Исходными пунктами для фрагментов СГС-1 являются РГП.

1.4.2. Средние расстояния между пунктами СГС-1 должны быть равны:

- 5-10 км – на территориях городов с числом жителей более 300 тыс. человек, с плотностью 1 пункт на 20-80 км²;
- 10-20 км – в районах с интенсивной хозяйственной деятельностью, а также в регионах с сейсмической активностью 6 и более баллов, с плотностью 1 пункт на 80-350 км²;
- 20-30 км – в районах, примыкающих к промышленным зонам и городам, с плотностью 1 пункт на 350-800 км²;

В исключительных случаях на отдельных участках допускается увеличение плотности пунктов СГС-1. Необходимость этого должна быть установлена и обоснована в процессе разработки технического проекта.

1.4.3. Пункты СГС-1 определяются относительным методом спутниковой геодезии.

1.4.4. СКО определения любых пунктов СГС-1 относительно РГП в пределах одного фрагмента должны быть не более:

- для регионов с сейсмической активностью 6 и более баллов
 - 2 см – по плановым координатам;
 - 3 см – по геодезической высоте.
- для остальной территории
 - 3 см – по плановым координатам;
 - 5 см – по геодезической высоте.

1.4.5. СКО взаимного положения смежных пунктов СГС-1 должны быть не более:

- для регионов с сейсмической активностью 6 и более баллов
 - 3 мм + $1 \times 10^{-7} D$ мм (D – расстояние в мм) – по плановым координатам;
 - 5 мм + $2 \times 10^{-7} D$ мм – по геодезической высоте.
- для остальной территории
 - 5 мм + $1 \times 10^{-7} D$ мм – по плановым координатам;
 - 7 мм + $2 \times 10^{-7} D$ мм – по геодезической высоте.

1.4.6. СГС-1 должна иметь надежную связь с существующей АГС и государственной нивелирной сетью I, II классов.

Для обеспечения связи с существующей АГС пункты СГС-1 должны совмещаться с пунктами АГС или привязаны к ближайшим из них со СКО не более 2 см по каждой плановой координате. Расстояние между пунктами АГС, совмещенными или привязанными к пунктам СГС-1, должно быть не более 50 км.

Для обеспечения связи с существующей главной высотной основой, пункты СГС-1 должны совмещаться с фундаментальными реперами нивелирования I и II классов или привязаны к ближайшим из них методом высокоточного нивелирования. Расстояние между нивелирными реперами, совмещенными или привязанными к пунктам СГС-1, должно быть не более 70 км

1.4.7. Очередность построения фрагментов СГС-1 и их границы определяются народно-хозяйственными потребностями данного региона. Примерные границы фрагментов приведены в приложении 1.

1.5. РГП (периодически действующие) и пункты СГС-1 должны обязательно обследоваться не реже одного раза в 10 лет. Поврежденные пункты в случае необходимости должны восстанавливаться и переопределяться.

1.6. Для всех пунктов спутниковых сетей должны быть определены нормальные высоты. На вновь определяемых пунктах нормальные высоты могут быть получены методом высокоточного нивелирования от реперов государственной нивелирной сети I и II классов или спутникового нивелирования, как разности геодезических высот и высот квазигеоида, полученных по гравиметрическим данным.

2. Проектирование и рекогносцировка пунктов спутниковых сетей

2.1. Общие требования

2.1.1. Построение РГП и СГС-1 должно производиться по техническим проектам, разрабатываемым до начала полевых работ в соответствии с настоящим РТМ и другими действующими нормативно-техническими актами. Разработка, согласование и утверждение технических проектов производится в установленном порядке.

2.1.2. Технические проекты разрабатываются на топографических картах с учетом материалов ранее созданных геодезических сетей, данных о физико-географических и экономических условиях района проектируемых работ.

2.1.3. В техническом проекте устанавливаются объемы работ, технология выполнения геодезических работ и спутниковых измерений, необходимая материально-техническая обеспеченность и сметная стоимость.

2.1.4. Проектирование спутниковых сетей состоит из следующих видов работ:

- 1) Изучение задания на проектирование сети и особых требований, которые должны быть выполнены при ее построении.
- 2) Сбор и анализ материалов всех ранее выполненных работ по триангуляции, нивелированию и гравиметрическим определениям в районе проектируемых работ. Сведения о них получают в Государственной инспекции геодезического надзора (ГИГН) Республики Узбекистан или в организациях, производивших триангуляционные, нивелирные и гравиметрические работы.
- 3) Сбор сведений о пунктах (год закладки, тип центра, наружного знака, внешнее оформление и т. п.), которые будут использоваться в качестве исходных.
- 4) Сбор сведений о пунктах существующих (плановых и высотных) сетей, которые предполагается совместить с пунктами создаваемой спутниковой сети или привязать к ним. Если имеются материалы ранее выполненных работ по обследованию пунктов, то определяется сохранность и состояние центров.
- 5) Составление предварительной схемы сети на топографических картах масштаба 1 : 100000 с уточнением в случае необходимости отдельных деталей на картах более крупного масштаба.

2.1.5. Технический проект состоит из текстовой, графической и сметной частей.

Текстовая часть проекта должна содержать следующие сведения:

- краткая характеристика физико-географических и климатических условий района проектируемых работ, влияющих на организацию и проведение спутниковых измерений;
- сведения о назначении проектируемых работ;
- сведения о ранее выполненных работах;
- краткая информация о пунктах АГС и реперах нивелирования, включенных в проект;
- информацию о глубинах промерзания и оттаивания грунтов, информацию о гидрографическом режиме;
- краткая информация о проектируемых работах по постройке (закладке) пунктов;
- технология выполнения геодезических работ по привязке пунктов спутниковых сетей к пунктам АГС, выполнения контроля стабильности РГП и т. п. работ;
- сведения об используемой аппаратуре для спутниковых измерений и программе обработки измерений;
- технология производства спутниковых измерений;

- порядок обработки результатов спутниковых измерений;
- правила обеспечения техники безопасности при производстве работ;
- сроки начала и окончания работ.

В графической части проекта представляется предварительная схема расположения пунктов создаваемой сети с указанием связей между ними. На схеме должны быть нанесены пункты АГС, реперы нивелирования, пункты гравиметрической сети, которые предполагается включить в создаваемую сеть и те пункты, к которым предполагается выполнить привязку.

В сметной части технического проекта представляется расчет объемов и сметной стоимости работ.

2.1.6. На основании технического проекта выдается техническое предписание производственным подразделениям.

2.1.7. Рекогносцировка пунктов спутниковых геодезических сетей состоит из следующих видов работ:

- определение мест размещения пунктов с нанесением их на топографические карты или аэрофотоснимки;
- выбор мест закладки центров пунктов с составлением описания и абриса;
- определение типа центра пунктов;
- обследование состояния центров триангуляции и реперов нивелирования, с которыми предполагается совместить проектируемые пункты, или которые предполагается привязать к проектируемым пунктам;
- выбор схемы выполнения внецентренной установки антенны спутникового приемника;
- выбор геодезических связей между проектируемыми пунктами и ближайшими существующими пунктами АГС и реперами нивелирования и составление схемы локальной геодезической привязки проектируемых пунктов к пунктам АГС и реперам нивелирования;
- обследование состояния ранее определенных пунктов спутниковых геодезических сетей на смежных объектах, на которых будут выполняться спутниковые измерения;
- обследование состояния пунктов, которые будут использоваться в качестве исходных и контроль стабильности РГП;
- согласование вопросов установки пунктов с организациями, на территории которых предполагается разместить пункты;

- сбор сведений, необходимых для последующих работ по закладке пунктов, выполнению спутниковых и других измерений и т. п.;
- обозначение мест закладки проектируемых пунктов на местности;
- съемка препятствий для прохождения спутниковых сигналов (при необходимости).

2.1.8. К пунктам спутниковых сетей предъявляются следующие общие требования:

- 1) Место расположения пункта должно обеспечивать оптимальные условия выполнения спутниковых измерений, долговременную сохранность пункта, устойчивость центров в плане и по высоте в течение длительного времени, а также хорошо опознаваться на местности.
- 2) Отсутствие препятствий для устойчивого приема спутниковых сигналов на углах возвышения выше 15° .
- 3) Обеспечение устойчивого приема сигналов от 6 и более спутников с допустимым показателем DOP (Dilution Of Precision – понижение точности измерений).
- 4) Отсутствие вблизи пункта каких-либо отражающих поверхностей, которые могут создавать эффект многопутности.
- 5) Возможность установки антенны спутникового приемника на высоту не менее 1,2 м от подстилающей поверхности.
- 6) Отсутствие мощных источников радиоизлучений (теле-, радиопередающие станции, радиорелейные станции, радары и т. п.) на расстоянии до 1 км от пункта.
- 7) Возможность удобного подъезда к пункту в любое время суток и в любое время года.
- 8) Уровень грунтовых вод в местах закладки центров пунктов спутниковых геодезических сетей должен быть не ближе 3 м от поверхности земли.

2.1.9. К пунктам триангуляции АГС, реперам нивелирования I и II классов и пунктам государственной фундаментальной гравиметрической сети, с которыми предполагается совместить пункты спутниковых сетей, предъявляются требования, указанные в п. 2.1.8., а также следующие дополнительные требования:

- 1) Возможность беспрепятственной установки антенны над центром пункта.
- 2) Глубина закладки центра должна быть не меньше рекомендуемой действующими нормативными документами для данного района работ.
- 3) Состояние наружного знака должно обеспечивать безопасное проведение работ.

В случае невозможности установки антенны спутникового приемника непосредственно над центром пункта допускается выполнить внецентренную установку антенны (над т. н. рабочим центром). При этом должны быть определены элементы ΔX , ΔY , ΔZ привязки рабочего центра к центру пункта с точностью 2 мм.

2.1.10. На совмещенных пунктах АГС, нивелирных реперах, а также на новых пунктах спутниковых сетей, необходимо выполнить (восстановить) внешнее оформление для сохранности и быстрого опознавания на местности. При отсутствии у центра пункта (репера) отверстия для точного центрирования необходимо сделать в верхней части круглое отверстие диаметром 2 мм и глубиной 3-5 мм.

2.1.11. В процессе рекогносцировки необходимо добиваться максимального использования существующих центров пунктов триангуляции АГС и реперов нивелирования I и II классов при их соответствии требованиям, предъявляемым к пунктам спутниковых сетей (п.п. 2.1.8. и 2.1.9.).

2.1.12. При обследовании существующих центров и реперов оценивается состояние и сохранность центров, нарушения наружного оформления и соответствие типа центров предъявляемым требованиям, а также влияние инженерно-геологических и прочих факторов на устойчивость центров.

2.1.13. Не допускается размещение пунктов спутниковых сетей в зонах перспективного строительства и развития населенных пунктов; на участках, предназначенных для производства строительных, гидротехнических, дорожных, горных работ; в районах, где возможны оползневые и карстовые явления; на участках, подверженных затоплению или размыву, а также в других местах, где не может быть гарантирована сохранность пунктов.

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

2.1.15. Выбранные места для закладки новых пунктов закрепляются временными знаками (кольями, металлическими штырями, окопкой и т. п.) и на них составляются абрисы с описанием местоположения (с приложением фотографий) и привязкой к постоянным местным предметам не менее чем тремя промерами. При выполнении закладки указанные промеры уточняются.

2.1.16. В процессе рекогносцировки уточняются и корректируются маршруты движения между пунктами с определением примерного времени, необходимого для перемещения с пункта на пункт.

2.1.17. Результаты рекогносцировки записываются в полевом журнале. Образец формы "Журнала обследования и рекогносцировки пунктов спутниковых сетей" для новых пунктов приведен в приложении 2. Для обследования существующих пунктов АГС и реперов допускается использовать карточки обследования геодезических пунктов установленной формы с дополнением схемы расположения препятствий на пункте (при необходимости).

2.1.18. Допускается совмещение работ по рекогносцировке и закладке пунктов.

2.1.19. После выполнения рекогносцировки исполнителем предоставляются следующие материалы:

- схема отрекогносцированных сетей;

- абрисы, описания и фотографии выбранных мест размещения пунктов;
- материалы почвенно-геологического и гидрологического обследования мест закладки, включая информацию о глубине промерзания грунта;
- список отрекогносцированных (новых) пунктов;
- список марок и реперов обследованных пунктов и нивелирных знаков, с которыми предполагается совместить пункты спутниковых сетей;
- сведения о пунктах существующих геодезических сетей, подлежащих совмещению с пунктами создаваемой геодезической сети;
- предлагаемые схемы локальных геодезических привязок;
- акты на утраченные и не найденные пункты и реперы, утвержденные руководителем организации или инспектором ОТК;
- результаты съемки препятствий на пунктах (диаграммы препятствий);
- предлагаемые схемы перемещения между пунктами с указанием примерного времени, необходимого для перемещения;
- материалы обследования состояния существующих пунктов спутниковых сетей, пунктов АГС и реперов нивелирования;
- полевые журналы;
- пояснительная записка.

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

2.1.21. Рабочий проект должен учитывать количество и тип имеющихся приемников, количество бригад, имеющийся автотранспорт, расстояния между пунктами и время, необходимое для перемещения, и другие факторы, влияющие на организацию работ.

2.1.22. Рабочий проект состоит из следующих видов работ:

- 1) Определение объемов работ по закладке новых пунктов, рабочих центров и по выполнению (восстановлению) внешнего оформления;
- 2) Составление схемы расстановки приемников в сеансах (сессиях) с не менее чем двумя общими пунктами между смежными сеансами (для обеспечения т. н. "перекрытия" между сеансами) – для СГС-1.

Минимальное количество сеансов, необходимое для вычисления координат пунктов без учета геометрических связей определяется по формуле:

, (1)

где S – число сеансов,

P – общее число пунктов в сети,

O – число общих пунктов в сеансах,

N – количество приемников.

В случае, когда проектируемая сеть представляет собой систему, где типовой фигурой являются четырехугольники, вычисления выполняются по формулам, приведенным в приложении 6.

3) Уточнение геометрической схемы проектируемой сети.

4) Составление графиков значений DOP и видимости спутников на весь период полевых работ при помощи программного обеспечения по спутниковому альманаху.

5) Составление диаграммы препятствий для пунктов, имеющих препятствия (с использованием программного обеспечения).

6) Выбор для каждого пункта 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. Выбор благоприятных окон наблюдений для каждого сеанса.

2.1.23. Рабочий проект завершается разработкой структуры организации наблюдений (программы наблюдений), в составе которой утверждаются маршруты движения между пунктами и составляется расписание выполнения спутниковых измерений для всех исполнителей. Образец формы "Расписание спутниковых измерений" приведен в приложении 5.

2.1.24. 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 указанием времени работы на пунктах.

2.2. Проектирование системы РГП

2.2.1. Система РГП создается для обеспечения связи создаваемых фрагментов СГС-1 через единую пространственную общеземную систему координат (WGS-84).

2.2.2. РГП представляет собой систему, состоящую из трех центров: основной, резервный (контрольный) и контрольный.

2.2.3. Техническим проектом устанавливается режим работы РГП – постоянно действующий или периодически действующий.

2.2.4. Выбор мест проектирования РГП выполняется с учетом требований, указанных в пп. 2.1.8. и 2.1.9., а также следующих дополнительных требований:

- 1) РГП должны проектироваться в центральной части создаваемого фрагмента СГС-1.
- 2) Должна быть предусмотрена возможность закладки системы центров вблизи РГП для контроля стабильности РГП и положения спутниковой антенны.
- 3) Должна быть предусмотрена возможность постоянного электропитания спутникового приемника и персонального компьютера (ПК).
- 4) При проектировании постоянно действующего РГП должно быть обеспечено размещение спутниковой и другой аппаратуры в помещении со средней температурой +20°C.

2.3. Проектирование фрагментов СГС-1

2.3.1. СГС-1 создается отдельными фрагментами в зонах городов, развитого промышленного и сельскохозяйственного производства, перспективного освоения земельных ресурсов.

2.3.2. В пределах создаваемого фрагмента СГС-1 представляет собой сплошное геодезическое построение.

2.3.3. Проектирование связей между пунктами СГС-1 необходимо выполнять таким образом, чтобы векторы составляли замкнутые фигуры (треугольники, четырехугольники и т. д.). Получение всех связей между всеми смежными пунктами из непосредственных одновременных измерений на этих пунктах необязательно. Исключения составляют участки СГС-1, перекрывающие уже существующие геодезические полигоны (ГДП), где получение таких связей обязательно. На этих участках, как правило, в состав СГС-1 включаются все пункты ГДП, на которых возможно проведение спутниковых измерений.

2.3.4. Все пункты СГС-1, окружающие РГП, должны быть связаны с ним непосредственными измерениями.

2.3.5. Пункты АГС и реперы нивелирования, совмещенные или связанные с пунктами СГС-1, должны располагаться равномерно по всей территории фрагмента СГС-1.

2.3.6. При высотной привязке не допускается использовать вместо нивелирных реперов пункты АГС с известными нормальными высотами.

2.3.7. В дополнение к требованиям, указанным в пп. 2.1.8. и 2.1.9. на пунктах СГС-1 допускается наличие препятствий не выше угла возвышения 30° и общей протяженностью не более 45° в горизонтальном секторе. В этом случае рекомендуется увеличить продолжительность сеанса измерений.

2.3.8. Пункты существующей АГС и фундаментальные реперы I и II классов, которые находятся на расстоянии до 5 км от проектируемых пунктов СГС-1 и не включены в проектируемую сеть, в случае, если на них возможно выполнение спутниковых измерений, должны быть привязаны к пунктам СГС-1. Привязка выполняется с применением спутниковых методов.

2.3.9. На пунктах СГС-1, перекрывающих существующие ГДП, при необходимости по специальному проекту выполняются измерения силы тяжести с СКО абсолютных определений силы тяжести 5-7 мкГал.

3. Закрепление пунктов спутниковых сетей на местности

3.1. Общие требования

3.1.1. Закрепление пунктов спутниковых геодезических сетей на местности производится после выполнения рекогносцировки.

3.1.2. Конструкция центров спутниковых сетей зависит от физико-географических и инженерно-геологических условий. Пункты спутниковых сетей закрепляются грунтовыми и скальными центрами.

3.1.3. При закладке пунктов необходимо руководствоваться требованиями "Правил закладки центров и реперов на пунктах геодезических и нивелирных сетей" (М.: Картгеоцентр-геодезиздат, 1993г.) [3].

3.1.4. Внешнее оформление пунктов выполняется в соответствии с требованиями, указанными в [3], для выбранного типа центра.

3.1.5. Вновь заложенные центры спутниковых геодезических сетей после закладки в соответствии с [4] сдаются по акту на наблюдение за сохранностью хокимиятам городов, поселков и сельских населенных пунктов.

Составляется три экземпляра акта, из которых один хранится в организации (учреждении), принявшем пункт на хранение, второй – направляется в ГИГН, третий – хранится в организации, выполнявшей работы.

3.2. Закрепление РГП

3.2.1. Закрепление РГП на местности осуществляется тремя центрами: одним основным и двумя контрольными. Один из контрольных является резервным основным центром. Основной и резервный центры должны быть оборудованы устройством принудительного центрирования для установки антенны спутникового приемника. Все центры должны быть привязаны к существующей АГС и реперам государственной нивелирной сети I или II классов.

3.2.2. Изменение положения центров (и положения антенны – для постоянно действующих РГП) за весь период функционирования РГП не должно превышать 2 мм по плановым координатам и высоте.

3.2.3. Система центров РГП должна обеспечивать возможность контроля их взаимного положения по наиболее простой схеме традиционными геодезическими методами (или в сочетании со спутниковыми методами) со СКО не более 2 мм по плановым координатам и высоте.

3.2.4. Закрепление основного и резервного центров постоянно действующих РГП выполняется центром типа 187 – для областей сезонного промерзания грунтов, и центром типа 164 оп. знак (новый) – для скальных грунтов. Второй контрольный центр закрепляется центром, предусмотренным для пунктов СГС-1.

Закладка центра типа 187 выполняется в соответствии с [3]. Дополнительно в верхнюю плоскость железобетонного пилона закладывается устройство принудительного центрирования с металлической крышкой. На боковой стенке пилона устанавливается стенной репер тип 143 и охранный пластина.

3.2.5. Закрепление основного и резервного центров периодически действующих РГП выполняется центром типа 161 оп. знак (новый) – для областей сезонного промерзания грунтов, и центром типа 164 оп. знак (новый) – для скальных грунтов. Второй контрольный центр закрепляется центром, предусмотренным для пунктов СГС-1.

Конструкция центра типов 161 оп. знак (новый), 164 оп. знак (новый) и способ их закладки аналогичны соответственно фундаментальному реперу для районов с сезонным промерзанием грунтов тип 161 оп. знак и фундаментальному реперу для скальных грунтов тип 164 оп. знак [3]. Дополнительно в верхнюю плоскость железобетонного пилона, расположенную на расстоянии 1,20 м от поверхности земли, закладывается устройство принудительного центрирования с металлической крышкой. На боковой стенке пилона устанавливается стенной репер тип 143 и охранный пластина. Типы новых центров приведены в приложениях 3 и 4.

3.2.6. Основным центром периодически действующего РГП при условии соблюдения требований, предъявляемых к периодически действующим пунктам РГП, может также являться существующий центр АГС, репер нивелирования I и II классов или центр гравиметрической сети. В этом случае необходимо оборудовать пункт постоянным на период выполнения работ металлическим штативом высотой не менее 1,2 м.

3.3. Закрепление пунктов СГС-1

3.3.1. Закрепление пунктов СГС-1 выполняется центром, конструкция, условия закладки и внешнее оформление которых соответствуют фундаментальным, грунтовым и скальным реперам государственной нивелирной сети I и II классов, предусмотренных [3].

3.3.2. Центром пункта СГС-1 при условии соблюдения требований, предъявляемых к пунктам СГС-1, может являться существующий центр АГС, репер нивелирования I и II классов или центр гравиметрической сети.

3.3.3. В отдельных случаях на пунктах СГС-1 допускается закладка двух ориентирных пунктов на расстоянии 500-1000 м от основного центра. Угол между направлениями на ориентирные пункты должен быть в пределах 60° - 120° . С основного пункта на ориентирные пункты должна быть обеспечена прямая видимость с земли. Закладка ориентирных пунктов выполняется в соответствии с требованиями, указанными в [3].

4. Полевые измерения

4.1. Общие требования

4.1.1. Точность определения векторов зависит от следующих факторов:

- технические характеристики используемой аппаратуры;
- количество и геометрическое расположение спутников, наблюдаемых одновременно с каждого пункта в течение сеанса измерений;
- остаточное влияние ионосферной и тропосферной рефракции и ионосферные возмущения;
- продолжительность сеанса;
- длина векторов;
- условия прохождения (приема) сигналов от спутников;
- инструментальные ошибки: точность центрирования измерения высоты антенны, эксцентриситет антенн (несовпадение геометрического центра антенны с фазовым центром) и т. п.

4.1.2. Повышение точности определения векторов достигается выполнением следующих мероприятий:

- ослабление влияния местных помех для приема спутниковых сигналов;

- увеличение продолжительности сеанса;
- увеличение количества сеансов измерений на пунктах;
- использование точных (прецизионных) эфемерид спутников (особенно при измерении длинных векторов);
- увеличение количества одновременно наблюдаемых спутников (более минимально необходимого);
- изменение высоты и повторная центрировка антенны между сеансами;
- смена спутниковых приемников и антенн на пунктах в одной расстановке между сеансами;
- ориентирование спутниковых антенн.

4.1.3. Спутниковые измерения при построении системы РГП и пунктов СГС-1 выполняются статическим методом.

4.1.4. При создании спутниковых геодезических сетей применяется сетевой метод построения. Применение радиального метода (измерение отдельных векторов) допускается при повторении недоброкачественных измерений и при выполнении контрольных измерений.

4.1.5. Спутниковые измерения на пунктах спутниковых геодезических сетей должны выполняться с использованием в одном сеансе возможно большего числа приемников при возможно меньшем разнообразии их типов.

4.1.6. Спутниковые приемники для определения координат РГП должны соответствовать следующим требованиям:

- выполнение измерений по C/A- и P-кодам на частотах L_1 и L_2 ;
- возможность отслеживания как минимум 8 спутников одновременно;
- возможность записи измерений с интервалом 30 секунд;
- синхронизация времени наблюдений с истинным временем GPS с ошибкой не более ± 1 миллисекунды по полной секунде;
- возможность записи измерений непосредственно в память персонального компьютера;
- возможность подключения постоянного источника электропитания;
- защита от перебоев в электропитании для приемника и ПК.

Приемники должны быть оборудованы прецизионными геодезическими антеннами.

Из имеющихся на настоящий момент в системе Узгеодезкадастра типов спутниковых приемников наиболее подходящим для определения координат РГП является приемник Z-12 (Ashtech, США).

4.1.7. Для определения координат пунктов СГС-1 допускается использование двухчастотных приемников Leica System 300.

4.1.8. Применение приемников других типов (в том числе совмещенных GPS/ГЛОНАСС) допускается после полного исследования их точностных характеристик.

4.1.9. При привязке пунктов АГС и реперов государственной нивелирной сети к РГП и пунктам СГС-1 на расстояниях до 5 км допускается использование одночастотных спутниковых приемников.

4.1.10. Спутниковые приемники допускаются к производству измерений после выполнения эталонирования в соответствии с "Временными рекомендациями по метрологическому обеспечению спутниковых измерений" (см. приложение 7).

4.1.11. Перед началом работ необходимо выполнить подготовку оборудования для спутниковых измерений, проверить комплектность аппаратуры и работоспособность отдельных узлов, уделяя особое внимание аккумуляторным батареям и зарядным устройствам к ним. Должны быть выполнены работы по поверке и юстировке оптических центриров, приборов для измерения метеоданных. Штативы, которые будут применяться при измерениях, не должны иметь механических дефектов.

4.1.12. При выполнении полевых работ необходимо строго соблюдать требования "Правил по технике безопасности на топографо-геодезических работах (ПТБ-88)" (М.: Недра, 1991г.) [6].

4.1.13. Процесс измерений на пункте начинается с установки антенны. Штатив, на котором устанавливается антенна, должен быть надежно закреплен для обеспечения неизменности высоты антенны во время измерений. При наличии ориентирных стрелок (меток) антенна ориентируется на север.

4.1.14. Спутниковые измерения относятся к фазовому центру антенны и поэтому требуется тщательно измерять высоту антенны. Ошибка измерения высоты антенны влияет на точность определения всех трех координат пункта. Высота измеряется рулеткой или специальным устройством, входящим в комплект спутникового приемника, в соответствии с Руководством пользователя используемого типа приемника и записывается в журнале установленного образца (см. приложение 8).

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

4.1.16. Измерения начинаются согласно утвержденному "Расписанию спутниковых измерений" (см. приложение 5). Разрешается включение приемника за 5 минут до установленного начала измерений. Для уточнения времени работы приемников в сеансе рекомендуется иметь между исполнителями (бригадами) радиосвязь. Решение о досрочном прекращении сеанса принимает руководитель работ.

4.1.17. Перед началом измерений проверяются (устанавливаются) рабочие установки приемника, такие как угол отсечки (маска) наблюдаемых спутников, интервал записи, сохранение (запись) 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.

4.1.18. До начала сеанса наблюдений в приемник вводится название пункта, высота антенны, код оператора и другая информация, ввод которой предусмотрен Руководством пользователя. Параллельно эти и другие данные записываются в полевом журнале установленного образца (см. приложение 8).

4.1.19. В течение сеанса измерений выполняется измерение метеоданных: температуры, атмосферного давления и влажности. Измерения выполняются через каждые 3 часа – для РГП, в начале и конце сеанса – для пунктов СГС-1.

4.1.20. В процессе наблюдений необходимо проверять работу приемника каждые 15 минут. Выполняется проверка электропитания, количества захваченных спутников, значения DOP, сбоев в приеме спутниковых сигналов. Результаты проверок записываются в полевом журнале. При наличии радиосвязи обо всех возникающих проблемах необходимо информировать руководителя работ.

4.1.21. 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.

4.1.22. Полевые записи ведутся в журнале установленного образца (см. приложение 8) на каждой станции в каждом сеансе. В примечании записываются все нарушения в нормальной работе станции.

4.1.23. В случае внецентренной установки спутникового приемника на пункте выполняются измерения по определению элементов ΔX , ΔY , ΔZ внецентренной установки приемника. Определение элементов внецентренной установки должно выполняться по наиболее простой схеме и технологии, обеспечивающей точность не более 2 мм.

4.1.24. После выполнения спутниковых измерений выполняется перенос ("перекачка") данных из приемника в ПК при помощи 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 автономные носители информации для последующей совместной математической обработки. При этом обязательно делается не менее двух копий файлов с данными измерений и другой дополнительной информацией для их независимого хранения.

4.1.25. В результате выполнения измерений должны быть получены файлы, содержащие измерения, пригодные для камеральной обработки. Для своевременного обнаружения недоброкачественных измерений предварительную обработку спутниковых измерений необходимо выполнять по завершении каждого рабочего дня (или определенного этапа). Контроль качества включает в себя предварительное вычисление векторов и оценку полученных результатов по критериям используемой программы обработки спутниковых измерений.

4.1.26. По результатам полевых работ полевой партией (исполнителем) сдается технический отчет о выполненных работах, который должен содержать следующие разделы:

- 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);
- краткая характеристика приборов и инструментов (тип приборов и оборудования, результаты эталонирования и поверок всего использовавшегося оборудования);
- методика измерений (наблюдений) (краткая характеристика методов спутниковых измерений и геометрических условий наблюдений);
- схема выполненных работ;
- результаты предварительной обработки спутниковых измерений;
- результаты выполненных геодезических работ на пунктах;
- пояснительная записка.

К техническому отчету прилагаются следующие материалы:

- журналы полевых спутниковых измерений;
- журналы выполненных геодезических работ на пунктах (внецентренные установки и т. п.);
- необработанные ("сырые") спутниковые измерения на внешних носителях информации;

4.1.27. Контроль и приемка работ осуществляется в соответствии с требованиями "Инструкции о порядке контроля и приемки топографо-геодезических и картографических работ" (М.: Недра, 1979г.) [7].

4.2. Полевые измерения на РГП

4.2.1. Основные требования к выполнению спутниковых измерений на РГП следующие:

- продолжительность измерений – не менее 3 суток;
- интервал записи – 30 сек;
- минимальный угол возвышения спутников – 15°;
- количество спутников, с которых выполняется запись измерений, – не менее 6 (для продолжительных периодов времени);
- показатель DOP – не более 4 (для продолжительных периодов времени).

4.2.2. При отсутствии на пункте устройства принудительного центрирования период измерений (3 суток) делится на три (или более) сеанса с минимальными перерывами между ними. Перед каждым сеансом необходимо изменить высоту антенны и выполнить повторную центрировку. Центрирование антенны над маркой центра пункта выполняется при помощи оптического центрира с точностью 1 мм.

4.2.3. Высота антенны над центром пункта измеряется до и после завершения каждого сеанса с точностью 1 мм. При изменении высоты антенны на величину до 2 мм высота антенны усредняется, а более 2 мм – сеанс повторяется заново.

4.3. Полевые измерения на пунктах СГС-1

4.3.1. Основные требования к выполнению спутниковых измерений на пунктах СГС-1 следующие:

- продолжительность измерений – два (или более) сеанса по 4 часа каждый;
- количество спутников, с которых выполняется запись измерений, – не менее 5;
- интервал записи – 20 сек;
- минимальный угол возвышения спутников – 15°;
- показатель DOP – меньше 4.

В случае неблагоприятных условий измерений продолжительность сеанса в данной расстановке приемников рекомендуется увеличивать.

4.3.2. Между сеансами комплекты спутниковых приемников меняются местами (в пределах одной расстановки). Перерыв между сеансами должен быть не менее 2 часов для того, чтобы сеансы проводились в различные "окна наблюдений". Проведение одного сеанса допускается в исключительных случаях на пунктах, не имеющих препятствий на углах возвышения выше 15° и обеспеченных системами принудительного центрирования.

4.3.3. В случае, когда измерения на пунктах СГС-1 необходимо синхронизировать с измерениями на РГП, устанавливается интервал записи спутниковых измерений 30 сек.

4.3.4. Центрирование антенны над маркой центра пункта выполняется при помощи оптического центрира с точностью 1 мм.

4.3.5. Высота антенны над центром пункта измеряется до и после завершения каждого сеанса с точностью 1 мм. При изменении высоты антенны на величину до 2 мм высота антенны усредняется, а более 2 мм – сеанс повторяется заново.

5. Предварительная обработка спутниковых измерений

5.1. Основной задачей предварительной обработки спутниковых измерений является получение значений векторов и контроль их соответствия установленным требованиям по точности. В случаях, когда по условиям работ требуются координаты (создание планово-высотного съемочного обоснования, выполнение топографических съемок, планово-высотная подготовка аэрофотоснимков и т. п.), допускается использовать в качестве рабочих координаты, полученные на стадии предварительной обработки.

5.2. Для выполнения предварительной обработки допускается использовать программное обеспечение фирм-изготовителей применяемой спутниковой аппаратуры. В этом случае оценка качества измерений выполняется в соответствии с требованиями программы обработки.

5.3. Окончательная обработка спутниковых измерений с последующим включением пунктов в каталоги координат государственной сети выполняется с использованием профессионального программного обеспечения типа Bernese, Gipsy, Gamit и им аналогичных. Для окончательной обработки необходимо использовать точные (прецизионные) эфемериды. Точные эфемериды распространяются IGS и рядом других научно-исследовательских организаций через Internet (адрес сайта IGS – <ftp://igsb.jpl.nasa.gov/igsb>).

5.4. Точность абсолютных координат исходных пунктов для предварительной обработки измерений в СГС-1 должна быть не более 1,5 м (в системе координат, требуемой для обработки). Для достижения указанной точности можно использовать следующие методы:

- использование известных координат пунктов в системе WGS-84 или использование уточненных координат пунктов АГС;
- получение значений координат в требуемой системе через преобразование из системы координат, в которой они известны по параметрам трансформации.

5.5. Предварительная обработка выполняется для всех сеансов измерений. При обработке допускается исключение измерений отдельных спутников или интервалов измерений всех спутников с низким качеством выполненных измерений (невосстановимые потери циклов, непродолжительное время слежения спутника и т. п.). Количество исключенных из обработки измерений не должно превышать 10% от общего количества спутниковых измерений.

5.7. Для СГС-1 расхождения значений длин векторов и их составляющих, определенных из разных сеансов, должна быть не более $2 \times (3 \text{ мм} + 1 \times 10^{-7} D)$, где D – длина вектора в мм. Для разности значений приращения геодезических высот допускается расхождение до $3 \times (3 \text{ мм} + 1 \times 10^{-7} D)$.

5.8. В случае обнаружения недоброкачественных измерений или недопустимых расхождений между сеансами выполняются повторные определения необходимого количества векторов.

Приложение 1

Примерные границы фрагментов СГС-1¹

Ташкентский мегаполис

•

Обозначения	
	<i>граница Республики Узбекистан</i>
	<i>граница фрагмента</i>

Приложение 1 (продолжение)

Примерные границы фрагментов СГС-1

Андижанский мегаполис

•

Обозначения

	<i>граница Республики Узбекистан</i>
	<i>граница фрагмента</i>

Приложение 1 (продолжение)

Примерные границы фрагментов СГС-1

Термезский мегаполис

-

Обозначения	
	<i>граница Республики Узбекистан</i>
	<i>граница фрагмента</i>

Приложение 1 (продолжение)

Примерные границы фрагментов СГС-1

Самаркандский мегаполис

-

Обозначения	
	<i>граница Республики Узбекистан</i>
	<i>граница фрагмента</i>

Приложение 2

Журнал обследования и рекогносцировки пунктов спутниковых сетей

1) Титульный лист

(министерство, ведомство)

(организация)

(экспедиция, партия)

200__ г.

Объект _____

Трапедия _____

ЖУРНАЛ № _____

рекогносцировки и обследования пунктов спутниковых сетей

Исполнитель _____

Начальник партии _____

Нашедшего журнал просят возвратить его по адресу:

Приложение 2 (продолжение)

2) Форма журнала

Пункт

Полное название пункта		
Тип пункта		
Номер пункта		Код пункта

Приближенные координаты WGS-84

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					
5					

Схема расположения препятствий на пункте

Приложение 2 (продолжение)

Абрис пункта

--

Описание пункта

(тип центра, наружный знак, внешнее оформление, сохранность, устойчивость центра, промеры, доступ и подходы к пункту и др.)

Приложение 3

Центр РГП для районов с сезонным промерзанием грунтов

тип 161 оп. знак (новый)

Приложение 4

Центр РГП для скальных грунтов

тип 164 оп. знак (новый)

Расписание спутниковых измерений

Объект				
Бригада				
Исполнитель				
№№ п/п	Код 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 _____

(подпись, должность, фамилия, и. о.)

Схема расстановок приемников и расчет количества сеансов для СГС-1, состоящей из четырехугольников

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

1) Формула для подсчета количества сеансов:

(2)

2) Формула для подсчета количества векторов в сети:

(3)

3) Формула для подсчета количества четырехугольников в сети:

(4)

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 6 (продолжение)

б) Схема расстановок приемников и геометрических связей между пунктами:

- номер сеанса
- граница расстановки приемников

Приложение 7

Временные рекомендации по метрологическому обеспечению спутниковых измерений

1. Общие положения

1.1. Спутниковые приемники GPS, ГЛОНАСС или совмещенные, 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.

1.2. Методика поверки базируется на использовании эталонного базиса.

1.3. Периодичность поверки – один раз в год.

1.4. В процессе проведения поверки должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр и опробование;
- определение погрешности измерения линейных базисов в зависимости от продолжительности наблюдений в статическом методе;
- определение погрешности измерения приращений координат в статическом методе по невязкам в замкнутых фигурах.

1.5. 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.

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

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

2. Внешний осмотр и опробование

2.1. Проверить комплектность оборудования в соответствии с прилагаемой документацией.

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.

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

2.4. Проверить работоспособность аппаратуры в соответствии с прилагаемой документацией.

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

3. Определение погрешности измерения линейных базисов в зависимости от продолжительности наблюдений в статическом методе

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, 10, 5, 2 минуты. Перед началом измерений в каждом сеансе измерить метеоданные (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 $\tau_{\min} < 10$ мин. и 90 мин., если $\tau_{\min} > 10$ 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.

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.

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

4.1. При выполнении поверки устанавливается следующий порядок работ:

- 1) Последовательно (для двух приемников) устанавливать приемники в вершинах треугольника, выбранного в сети эталонного базиса или примыкающих к эталонному базису геодезических построений.
- 2) Выполнить действия по п. 1., 1) и 2) предыдущего раздела.
- 3) Установить длительность сеанса измерений в соответствии с п. 1., 5) предыдущего раздела. Измерить метео данные. Провести измерения. Выключить приемник.
- 4) Выполнить обработку наблюдений.
- 5) Вычислить невязки приращений координат в треугольнике.

4.2. 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).

Приложение 8

Журнал сеансов спутниковых измерений

1) Титульный лист

(министерство, ведомство)

(организация)

(экспедиция, партия)

200__ г.

Объект _____

Трапеция _____

ЖУРНАЛ № _____

сеансов спутниковых измерений

Исполнитель _____

Начальник партии _____

Нашедшего журнал просят вернуть его по адресу:

Приложение 8 (продолжение)

2) Обратная сторона титульного листа

Тип приемника _____

Серийный номер приемника _____

Номер версии программного обеспечения _____

Тип памяти (внутренняя, внешняя) _____

Номер карточки (для внешней памяти) _____

Тип контроллера _____

Серийный номер контроллера _____

Номер версии программного обеспечения _____

Тип антенны _____

Серийный номер антенны _____

Радиус антенны _____

Вынос фазового центра _____

Схема измерения высоты антенны

Тип барометра _____

Серийный номер барометра _____

Тип психрометра _____

Номер психрометра _____

Приложение 8 (продолжение)

3) Форма журнала

Пункт

Полное название пункта		
Номер пункта		Код пункта

Сохранение информации

Интервал записи, сек.
№ карточки (для внешней памяти)

Время работы

Номер сеанса		
	Местная дата	Местное время
Включение		
Выключение		
Сбои в работе приемника	(да/нет)	

Высота антенны, м.

	1	2	3	Среднее
До измерений				
После измерений				
Ориентирование антенны на истинный север				(да/нет)

Условия измерений

Местное время	Кол-во спутников	DOP	Примечания

Терминологический словарь

C/A 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).

Литература

1. Государственная целевая программа по использованию глобальных спутниковых навигационных систем GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) для топографо-геодезического и кадастрового обеспечения территории Республики Узбекистан. – Ташкент: НЦГиК, 1999.
2. Инструкция по построению государственной геодезической сети СССР. – М.: Недра, 1966.
3. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезических и нивелирных сетей. – М.: Картгеоцентр-геодезиздат, 1993.

4. Положение об охранных зонах и охране геодезических пунктов на территории Республики Узбекистан. – Постановление №65 Кабинета Министров Республики Узбекистан от 16 февраля 1998.
5. Применение геодезических спутниковых приемников при создании и реконструкции сетей сгущения (ГККИНП-01-014-98). – Ташкент: Узгеодезкадастр, 1998.
6. Правила по технике безопасности при проведении топографо-геодезических работ (ПТБ–88). – М.: Недра, 1991.
7. Инструкция о порядке контроля и приемки топографо-геодезических и картографических работ. – М.: Недра, 1979.
8. Инструкция по составлению технических отчетов о геодезических, астрономических, гравиметрических и топографических работах. – М.: Недра, 1971.
9. Инструкция о порядке разработки и утверждения нормативно-технических актов на производство топографо-геодезических, картографических и кадастровых работ (ГККИНП–17–001–96). – Ташкент: НЦГиК, 1996.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения [1](#)
2. Проектирование и рекогносцировка пунктов спутниковых сетей [4](#)
 - 2.1. Общие требования [4](#)
 - 2.2. Проектирование системы РГП [12](#)
 - 2.3. Проектирование фрагментов СГС-1 [13](#)
3. Закрепление пунктов спутниковых сетей на местности [14](#)
 - 3.1. Общие требования [14](#)
 - 3.2. Закрепление РГП [14](#)
 - 3.3. Закрепление пунктов СГС-1 [16](#)
4. Полевые измерения [16](#)
 - 4.1. Общие требования [16](#)
 - 4.2. Полевые измерения на РГП [22](#)

4.3. Полевые измерения на пунктах СГС-1 [22](#)

5. Предварительная обработка спутниковых измерений [23](#)

Приложение 1. Примерные границы фрагментов СГС-1 [25](#)

Приложение 2. Журнал обследования и рекогносцировки пунктов спутниковых сетей [31](#)

Приложение 3. Центр РГП для районов с сезонным промерзанием грунтов [34](#)

Приложение 4. Центр РГП для скальных грунтов [35](#)

Приложение 5. Расписание спутниковых измерений [36](#)

Приложение 6. Схема расстановок приемников и расчет количества сеансов для СГС-1, состоящей из четырехугольников [37](#)

Приложение 7. Рекомендации по метрологическому обеспечению приемников для спутниковых измерений [39](#)

Приложение 8. Журнал сеансов спутниковых измерений [43](#)

Приложение 9. Терминологический словарь [47](#)

Литература [53](#)

1. Общие положения

1.1. Государственная спутниковая геодезическая сеть (ГСГС) по своей структуре формируется по принципу перехода от общего к частному.

1.2. ГСГС состоит из нескольких уровней и включает в себя следующие геодезические построения:

- система референчных геодезических пунктов (РГП);
- спутниковая геодезическая сеть 0-го и 1-го класса (СГС0-0, СГС-1);
- астрономо-геодезическая сеть (АГС);
- геодезические сети сгущения (ГСС).

1.3. Система РГП состоит из 4-х пунктов и предназначена для закрепления пространственной общеземной системы координат (WGS-84) непосредственно на территории Республики Узбекистан. Исходными пунктами для РГП являются постоянно действующие пункты Международной GPS-службы для геодинамики (International GPS-Service for Geodynamics – IGS), в том числе расположенные на территории Республики Узбекистан (г. Китаб). В дальнейшем система РГП будет преобразована в единую однородную геодезическую сеть путем выполнения одновременных измерений на всех РГП и их совместной обработки с измерениями, выполненными на пунктах IGS.

1.3.1. Через систему РГП осуществляется передача пространственной общеземной системы координат на пункты СГС-0 и, создаваемых фрагментов, СГС-1.

1.3.2. РГП являются по режиму работы постоянно действующими (активными), пункты СГС-0 – периодически действующими (пассивными).

1.3.3. Координаты РГП и СГС-0 определяются относительным методом спутниковой геодезии в пространственной общеземной системе координат (WGS-84).

1.3.4. Каждый РГП связывается непосредственными измерениями с не менее чем тремя пунктами IGS и со всеми смежными РГП.

1.3.5. Средняя квадратическая ошибка (СКО) определения положения РГП относительно ближайшего пункта IGS должна быть не более 2 см по плановым координатам и не более 3 см по геодезической высоте.

1.3.6. СКО определения взаимного положения смежных РГП должна быть не более $3 \text{ мм} + 5 \times 10^{-8} D \text{ мм}$ (D – расстояние между РГП в мм) по каждой плановой координате и не более $5 \text{ мм} + 7 \times 10^{-8} D \text{ мм}$ по геодезической высоте.

1.3.7. Пункты РГП и СГС-0 обеспечиваются надежной связью с существующей АГС и государственной нивелирной сетью I, II классов.

Для обеспечения связи с существующей АГС, пункты РГП и СГС-0 совмещаются с пунктами АГС или привязываются к ближайшим из них со СКО не более 2 см по каждой плановой координате.

Для обеспечения связи с существующей главной высотной основой, пункты РГП и СГС-0 совмещаются с фундаментальными реперами нивелирования I и II классов или привязаны к ближайшим из них методом высокоточного нивелирования.

1.4. СГС-1 представляет собой пространственное геодезическое построение, состоящее из системы удобных для практического использования пунктов.

1.4.1. СГС-1 создается отдельными фрагментами, которые связываются между собой через систему РГП и СГС-0. Создаваемый фрагмент СГС-1 является свободной сетью с одним исходным пунктом. Исходными пунктами для фрагментов СГС-1 являются пункты РГП и СГС-0.

1.4.2. Средние расстояния между пунктами СГС-1 должны быть равны:

- 5-10 км – на территориях городов с числом жителей более 300 тыс. человек, с плотностью 1 пункт на 20-80 км²;
- 10-20 км – в районах с интенсивной хозяйственной деятельностью, а также в регионах с сейсмической активностью 6 и более баллов, с плотностью 1 пункт на 80-350 км²;
- 20-30 км – в районах, примыкающих к промышленным зонам и городам, с плотностью 1 пункт на 350-800 км²;

В исключительных случаях на отдельных участках допускается увеличение плотности пунктов СГС-1. Необходимость этого должна быть установлена и обоснована в процессе разработки технического проекта.

1.4.3. Пункты СГС-1 определяются относительным методом спутниковой геодезии.

1.4.4. СКО определения любых пунктов СГС-1 относительно пунктов РГП и СГС-0 в пределах одного фрагмента должны быть не более:

- для регионов с сейсмической активностью 6 и более баллов
 - 2 см – по плановым координатам;
 - 3 см – по геодезической высоте.
- для остальной территории
 - 3 см – по плановым координатам;
 - 5 см – по геодезической высоте.

1.4.5. СКО взаимного положения смежных пунктов СГС-1 должны быть не более:

- для регионов с сейсмической активностью 6 и более баллов
 - 3 мм + $1 \times 10^{-7} D$ мм (D – расстояние в мм) – по плановым координатам;
 - 5 мм + $2 \times 10^{-7} D$ мм – по геодезической высоте.
- для остальной территории
 - 5 мм + $1 \times 10^{-7} D$ мм – по плановым координатам;
 - 7 мм + $2 \times 10^{-7} D$ мм – по геодезической высоте.

1.4.6. СГС-1 должна иметь надежную связь с существующей АГС и государственной нивелирной сетью I, II классов.

Для обеспечения связи с существующей АГС пункты СГС-1 совмещаются с пунктами АГС или привязываются к ближайшим из них со СКО не более 2 см по каждой плановой координате. Расстояние между пунктами АГС, совмещенными или привязанными к пунктам СГС-1, должно быть не более 50 км.

Для обеспечения связи с существующей главной высотной основой, пункты СГС-1 совмещаются с фундаментальными реперами нивелирования I и II классов или привязываются к ближайшим из них методом высокоточного нивелирования. Расстояние между нивелирными реперами, совмещенными или привязанными к пунктам СГС-1, должно быть не более 70 км

1.4.7. Очередность построения фрагментов СГС-1 и их границы определяются народно-хозяйственными потребностями данного региона.

1.5. Для всех пунктов спутниковых сетей определяются нормальные высоты. На вновь определяемых пунктах нормальные высоты получают методом высокоточного нивелирования от реперов государственной нивелирной сети I и II классов или спутникового нивелирования, как разности геодезических высот и высот квазигеоида, полученных по гравиметрическим данным.