

ПРОЕКТ

---

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу  
окружающей среды  
(Росгидромет)**

---

**РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ**

**РД  
52.10.\_\_\_\_\_ –  
2017**

---

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ  
СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ  
ВЫСОТ РЕПЕРОВ  
ПУНКТОВ МОРСКИХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ  
НАБЛЮДЕНИЙ**

**Город  
Издательство  
2017**

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИН»)

2 РАЗРАБОТЧИКИ Л.В. Остроумов, канд. техн. наук (руководитель разработки), В.З. Остроумов ст. науч. сотр., канд. техн. наук, доцент кафедры высшей геодезии МИИГАиК, М.В. Остроумов, науч. сотр.

### 3 СОГЛАСОВАН:

- с Управлением мониторинга загрязнения окружающей среды, полярных и морских работ (УМЗА) Росгидромета \_\_\_\_\_ ;

- с Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-производственным объединением «Тайфун» Росгидромета (ФГБУ «НПО «Тайфун») \_\_\_\_\_ ;

- с Федеральным государственным бюджетным учреждением «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД») \_\_\_\_\_

4 ОДОБРЕН Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам Росгидромета и ее состава, протокол от \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. № \_\_\_\_\_

5 УТВЕРЖДЕН Руководителем Росгидромета

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Росгидромета от \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. № \_\_\_\_\_.

6 ЗАРЕГИСТРИРОВАН ФГБУ «НПО «Тайфун» от \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. за номером РД 52.10.\_\_\_\_-201\_\_

7 СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ 2021 год

ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕРКИ 5 лет

## Содержание

1 Область применения .....	1
2 Нормативные ссылки .....	1
3 Термины и определения.....	4
4 Сокращения.....	9
5 Общие положения .....	11
5.1 Глобальные навигационные спутниковые системы.....	11
5.2 Преимущества использования спутниковых систем .....	14
5.3 Общие сведения о системах координат и высот .....	14
5.4 Основы спутникового метода определения координат .....	19
5.5 Понятия о геодезических сетях.....	22
5.6 Постоянно действующие спутниковые станции .....	24
6 Инструменты, оборудование и программное обеспечением применяемые при спутниковых наблюдениях.....	25
6.1 Спутниковая аппаратура и её устройство .....	25
6.1.1 Спутниковый приемник.....	25
6.1.2 Спецификация разъемов спутникового приемника .....	27
6.1.3 Питание спутникового приемника.....	28
6.1.4 Антенна спутникового приемника и её геометрия .....	29
6.1.5 Кабели, входящие в состав спутниковой аппаратуры, и их назначение.....	31
6.2 Сопутствующее оборудование.....	32
6.3 Уход за спутниковой аппаратурой и сопутствующим оборудованием .....	34
6.4 Необходимое программное обеспечение и его назначение .....	34
6.5 Форматы данных .....	36
6.5.1 Формат данных спутникового приемника .....	36
6.5.2 Формат RINEX.....	37
6.5.3 Формат спутниковых эфемерид.....	37
7 Погрешности измерений при спутниковых наблюдениях .....	39
7.1 Точность спутниковых измерений.....	39
7.2 Источники ошибок .....	40
7.2.1 Ошибки наблюдателя.....	40
7.2.2 Ошибки спутниковой аппаратуры .....	41
7.2.3 Многопутность сигнала .....	42
7.2.4 Геометрический фактор .....	43
8 Подготовка к выполнению спутниковых наблюдений.....	45
8.1 Определение целей и задач спутниковых наблюдений.....	45

## **РД 52.10. \_\_\_–201\_**

8.2 Прогнозирование спутниковых наблюдений.....	48
8.3 Общие требования к выбору места проведения спутниковых работ .....	55
8.4 Сбор и анализ материалов о ранее выполненных работах .....	58
8.5 Обследование, восстановление, рекогносцировка реперов.....	61
8.6 Общие требования при составлении рабочего проекта работ .....	65
8.7 Проектирование спутниковой сети.....	68
8.8 Составление рабочей программы спутниковых наблюдений .....	73
8.9 Закладка реперов.....	75
9 Производство спутниковых наблюдений.....	76
9.1 Перечень необходимого оборудования и инструментов .....	76
9.2 Настройка спутникового приемника .....	78
9.3 Порядок работы на пункте.....	79
9.3.1 Установка спутниковой аппаратуры над репером .....	79
9.3.2 Измерение высоты антенны.....	81
9.3.3 Включение спутникового приемника и сбор данных .....	84
10 Обработка результатов спутниковых наблюдений .....	86
10.1 Создание проекта и управление данными.....	86
10.2 Предварительная обработка и расчет базовых линий.....	88
10.3 Уравнивание.....	90
10.3.1 Этапы уравнивания.....	90
10.3.2 Параметры обработки и уравнивания.....	92
10.3.3 Оценка точности .....	92
10.4 Создание отчетов спутниковых измерений .....	94
11 Составление окончательного отчета и каталога координат и высот реперов .....	95
Приложение А (обязательное) Форма и пример заполнения абриса возвышающихся препятствий .....	98
Приложение Б (обязательное) Форма и пример составления списка обследованных, найденных и утраченных реперов.....	99
Приложение В (обязательное) Форма и пример заполнения карточки обследования и закладки пункта .....	100
Приложение Г (обязательное) Условные знаки для оформления схем проектируемой спутниковой сети и нивелирования .....	101
Приложение Д (обязательное) Форма и пример заполнения рабочей программы спутниковых работ .....	103
Приложение Е (обязательное) Форма и пример заполнения журнала спутниковых наблюдений .....	104

## Введение

Для обеспечения единства, сопоставимости и надежности гидрометеорологических наблюдений в инфраструктуру морских станций и постов, входит система геодезических реперов. От этих реперов ведется высотная привязка и постоянные регламентные работы по контролю высотного положения водомерных устройств.

Система реперов морских гидрометеорологических станций и постов, через основной репер связана с государственной нивелирной сетью. При этом проводится постоянное поддержание системы реперов морских гидрометеорологических станций и постов в рабочем состоянии – закладка и привязка новых реперов взамен утраченных и систематический контроль неизменности высотного положения реперов существующих.

Работы по поддержанию системы реперов морских гидрометеорологических станций и постов в рабочем состоянии традиционно проводятся классическими методами, такими как водное и геометрическое нивелирование III-IV классов. При неоспоримой надежности геометрического нивелирования, его использование, в настоящее время не может в полной мере обеспечить поддержание системы высот на уровне станция и постах, и имеет ряд недостатков. Во-первых, в связи с постоянным процессом утраты исходной геодезической основы (реперов государственной нивелирной сети) контроль над реперами морских гидрометеорологических станций и постов становится зачастую невозможным. Во-вторых, геометрическое нивелирование порой просто невозможно выполнить, если, к примеру, репер находится на труднодоступной территории или же и вовсе на удаленном от материка острове. Кроме этого производство геометрического нивелирования требует значительных временных и трудовых затрат и, как следствие, затрат финансовых. В гидрологии альтернативой геометрическому нивелированию является водное нивелирование, которое также имеет ряд ограничений.

В мировой практике для поддержания и развития (убрать?) реперов пунктов гидрометеорологических наблюдений, наряду с геометрическим нивелированием, уже на протяжении нескольких десятилетий используют глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС).

В Российской Федерации также идет активное развитие и внедрение ГНСС – запущена полная группировка спутников ГЛОНАСС и разрабатываются Правительством Российской Федерации программы применения спутниковых технологий в части гражданского использования. Росгидромет в этом отношении является естественным потребителем потенциала ГНСС и, в случае их использования, получает новые технологические возможности геодезического обеспечения гидрометеорологических наблюдений. Особенно актуально применение ГНСС в Арктической зоне, где реперы подвержены сильному воздействию

вечной мерзлоты и, как следствие, изменению своего вертикального положения.

Перед тем как приступить к разработке настоящего руководящего документа ФГБУ «ГОИН» на протяжении 10 лет проводил комплекс научно-исследовательских работ по применению ГНСС на морской наблюдательной сети Росгидромета. Выполнялись экспериментальные и производственные мероприятия по спутниковой привязке и контролю реперов уровенных станций и постов на Каспийском, Балтийском, Черном, Азовском, Белом морях, а также морях Дальневосточного региона. В результате проведенных работ, на практике доказана эффективность применения ГНСС на морской наблюдательной сети Росгидромета, в первую очередь, при производстве регламентных работ по контролю высотного положения реперов наблюдательных пунктов. Полученный опыт позволил определить цели и задачи использования ГНСС на морской наблюдательной сети Росгидромета, установить наиболее результативные пути их решения и приступить к разработке настоящего руководящего документа.

Технология ГНСС, включает в себя множество отраслей науки и человеческих знаний, и специалисту Росгидромета без высшего геодезического образования может показаться весьма сложной для понимания. Кроме этого при производстве комплекса спутниковых измерений необходимо знание довольно большого количества геодезических нормативных документов и нормативных документов по использованию ГНСС, разработанных Федеральной службой государственной регистрации кадастра<sup>1</sup> (Росреестром). В связи с этим, одной из задач разработки настоящего документа являлась представление информации об использовании ГНСС в максимально доступной для работников Росгидромета форме. С одной стороны в данном документе обобщены и систематизированы положения, отраженные в геодезических руководящих документах Росреестра, с другой стороны конкретизированы действия для определения и контроля высот реперов наблюдательной сети Росгидромета с применением ГНСС. При этом разработчики не ставили перед собой задачу составления инструкции по выполнению тех или иных операций при производстве спутниковых наблюдений и обработке полученных результатов. Все это подробно изложено в руководствах пользователя. Тем более что спектр применяемых спутниковых приемников весьма разнообразен. Сведения же, представленные в настоящем руководящем документе, должны помочь специалистам Росгидромета в общем понимании работы всех составляющих ГНСС, дать возможность овладеть специализированной терминологией и организовать производственные работы с использованием ГНСС.

Применение ГНСС в Росгидромете, должно являться составной частью модернизации системы геодезического обеспечения наблюдательной сети, которая включает в себя внедрение в Росгидромете спутниковых

---

<sup>1</sup> Переданы функции с 01.03.2009 упраздненного Федерального агентства геодезии и картографии.

технологий ГЛОНАСС, и направлена на решение задачи по поддержанию в рабочем состоянии и развитию на новом качественном уровне сети реперов морских гидрометеорологических станций и постов. Тем не менее, использование спутниковых технологий в учреждениях Росгидромета полностью не отменяет необходимость проведения нивелирования реперов, а также уровнемерных устройств на морских гидрометеорологических станциях и постах.





**РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ**

---

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ  
СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ  
ВЫСОТ РЕПЕРОВ ПУНКТОВ МОРСКИХ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

---

Дата введения – 2017 – \_\_\_\_ – \_\_\_\_

**1 Область применения**

Настоящий руководящий документ устанавливает технологию использования глобальных навигационных спутниковых систем для определения и контроля высот реперов морских гидрометеорологических станций и постов и предназначен для обеспечения сопоставимости и надежности измеряемого уровня моря и морских устьев рек.

Настоящий руководящий документ подлежит применению учреждениями Росгидромета, а также другими организациями, выполняющими геодезические работы с применением глобальных навигационных спутниковых систем на морской наблюдательной сети Росгидромета.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем руководящем документе использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 22268-76 Геодезия. Термины и определения

*ГОСТ Р 52457-2005 Глобальная навигационная спутниковая система.*

*Аппаратура потребителей. Классификация*

*ГОСТ Р 52928-2010 Система спутниковая навигационная глобальная.*

*Термины и определения*

*ГОСТ Р 53864-2010 Глобальная навигационная спутниковая система.*

*Сети геодезические спутниковые. Термины и определения*

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

ГОСТ Р 56410-2015 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Общие требования к центрам точных эфемерид

*ГОСТ Р 53606-2009. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических и землеустроительных работ. Метрологическое обеспечение. Основные положения*

ГКИНП (ГНТА)-01-006-03 Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации

ГКИНП (ОНТА)-01-271-03 Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS

ГКИНП (ОНТА)-02-262-02 Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS

ГКИНП (ГНТА)-03-010-02 Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов

ГКИНП-03-215-88 Руководящий технический материал. Высотная привязка уровенных постов

ГКИНП-07-016-91 Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей

ГКИНП (ГНТА)-17-267-02 Инструкция о порядке предоставления в пользование и использования материалов и данных Федерального картографо-геодезического фонда

РД 52.10.768-2012 Нивелирование морских уровенных постов

РД БГЕИ 36-01 Требования безопасности труда при эксплуатации топографо-геодезической техники и методы их контроля

РТМ 7-72-87 Обследование и восстановление пунктов и знаков государственной и нивелирной сетей СССР

РТМ 7-89-83 Обследование пунктов геодезических сетей на территории городов и других населенных пунктов

РТМ 68-14-01 Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения

ПТБ-88 Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах

СУР-2002 Сметные укрупненные расценки на топографо-геодезические работы

СУСН-2002 Справочник сметных укрупненных норм на топографо-геодезические работы. Часть I. Полевые работы

СУСН-2002 Справочник сметных укрупненных норм на топографо-геодезические работы. Часть II Камеральные работы

ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 9 апреля 2016 г. N 289 Об утверждении положения о государственной геодезической сети и положения о государственной нивелирной сети

Постановлением Правительства РФ от 28 декабря 2012 года № 1463 "О единых государственных системах координат"

#### Примечания

1 При пользовании настоящим руководящим документом целесообразно проверять действие ссылочных нормативных документов:

- национальных стандартов – в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году;

- нормативных документов Росгидромета – по РД 52.18.5 и дополнений к нему – ежегодно издаваемым информационным указателям нормативных документов.

2 Если ссылочный нормативный документ заменён (изменён), то при пользовании настоящим руководящим документом следует руководствоваться заменённым (изменённым) нормативным документом. Если ссылочный нормативный документ отменён без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 Термины и определения

В настоящем руководящем документе применены термины в соответствии с ГОСТ 22268-76 и РТМ 68-14-01, а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 абрис:** Схематический чертеж участка местности.

**3.2 альманах (навигационных спутников):** Набор справочных сведений о положении (о шкале времени и элементах орбит) и рабочем состоянии всех НС данной ГНСС, входящих в информацию передаваемую со спутника.

**3.3 бортовые эфемериды (навигационных спутников):** Сведения о местоположении НС на орбите, передаваемые в составе измерительной информации.

*Примечание* – Бортовые эфемериды являются результатом обработки измерений, выполняемых сегментом управления, и загружаемые им на спутники несколько раз в сутки.

**3.4 временный репер:** Металлический или деревянный кол, дюбель, гвоздь, вбитые в грунт, в стены долговременных зданий и сооружений, в бетонные покрытия или в железобетонный монолит, в пни свежеспиленных деревьев, предназначенный для временного закрепления высотного положения точек земной поверхности.

**3.5 высокоточная геодезическая сеть:** Сеть, обеспечивающая следующую по точности после ФАГС реализацию координатной системы, опирающаяся на пункты ФАГС.

**3.6 высота геоида:** Высота поверхности геоида над поверхностью земного эллипсоида по нормали к нему в данной точке.

**3.7 высота квазигеоида:** Высота поверхности квазигеоида над поверхностью земного эллипсоида по нормали к нему в данной точке.

**3.8 геодезический азимут:** Двугранный угол между плоскостью геодезического меридиана данной точки и плоскостью, проходящей через

нормаль в ней и содержащей данное направление, отсчитываемый от направления на север по ходу часовой стрелки.

**3.9 геодезическая высота:** Высота точки над поверхностью земного эллипсоида.

**3.10 геодезическая долгота:** Двугранный угол между плоскостями геодезического меридиана данной точки и начального геодезического меридиана.

**3.11 геодезические координаты:** Три величины, две из которых характеризуют направление нормали к поверхности земного эллипсоида в данной точке пространства относительно плоскостей его экватора и начального меридиана, а третья является высотой точки над поверхностью земного эллипсоида.

**3.12 геометрическое нивелирование:** Нивелирование при помощи геодезического прибора с горизонтальной визирной осью.

**3.13 геодезическая сеть:** Сеть закрепленных точек земной поверхности, положение которых определено в общей для них системе геодезических координат.

**3.14 геодезический спутниковый приемник:** Приемник, обеспечивающий прием, кодово-фазовой информации, передаваемой со спутника, предназначенной для выполнения геодезических работ.

**3.15 геодезическая широта:** Угол, образованный нормалью к поверхности земного эллипсоида в данной точке и плоскостью его экватора.

**3.16 геоид:** Фигура Земли, образованная уровенной поверхностью, совпадающей с поверхностью Мирового океана в состоянии полного покоя и равновесия и продолженной под материками.

**3.17 грунтовый репер:** Нивелирный пункт, состоящий из нивелирной марки, прикрепленной к железобетонному монолиту, заложенному в грунт.

**3.18 глобальная навигационная спутниковая система:** Система, состоящая из созвездия навигационных спутников, службы контроля и

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

управления и аппаратуры пользователей, позволяющая определять местоположение (координаты) антенны приемника потребителя.

**3.19 исходный геодезический пункт:** Геодезический пункт, относительно которого определяются соответствующие характеристики положения других геодезических пунктов.

**3.20 исходный репер пункта морских гидрометеорологических наблюдений:** Репер государственной нивелирной сети, с которым связан основной репер.

**3.21 контрольный репер:** Репер, служащий для контроля неизменности высотного положения пары реперов – основного и рабочего.

**3.22 навигационный спутник:** Спутник, который излучает радиосигнал, содержащий навигационную информацию, прием которой необходим для определения местоположения приемника потребителя.

**3.23 навигационное спутниковое измерение:** Процесс приема и обработки в навигационной аппаратуре потребителя ГНСС радионавигационного сигнала, излучаемого с борта навигационного космического аппарата ГНСС.

**3.24 навигационный спутниковый приемник:** Аппарат, состоящий из антенны, радиоприемника и вычислителя (процессора), предназначенных для приема и обработки навигационных сигналов навигационного спутника с целью получения необходимой потребителю информации (пространственно - временных координат, направления и скорости).

**3.25 рабочий репер:** Репер, служащий для определения и систематического контроля высотного положений устройств измерения уровня моря.

**3.26 репер:** Геодезический знак, закрепляющий пункт нивелирной сети.

**3.27 нивелирная сеть:** Геодезическая сеть, высоты пунктов которой над уровнем моря определены геометрическим нивелированием.

**3.28 основной репер:** Репер, служащий для определения (контроля) рабочих реперов и нуля поста.

Примечание – Основной репер закрепляет нуль поста и является хранителем системы высот и на морском посту.

**3.29 отсчётная основа [сеть] ITRF2008:** Международная земная отсчётная (геодезическая) основа, созданная и поддерживаемая IERS.

**3.30 отсчётная основа [сеть] EUREF:** Европейская земная отсчётная (геодезическая) основа, созданная и поддерживаемая Европейской подкомиссией МАГ.

**3.31 референц-эллипсоид:** Эллипсоид, который характеризует фигуру и размеры Земли, принятый для обработки геодезических измерений и установления системы геодезических координат.

**3.32 сеанс (спутниковых) наблюдений:** Непрерывная регистрация сигналов НС приемниками в течение времени необходимого для решения поставленной задачи.

**3.33 система ПЗ-90.11:** Российская система геодезических параметров Земли 1990 года, используемая в ГЛОНАСС, в число которых входит система геоцентрических координат.

**3.34 система WGS-84:** Всемирная система геодезических параметров Земли 1984 года, используемая в GPS, в число которых входит система геоцентрических координат.

Примечание – Система разработана Министерством обороны США.

**3.35 спутниковые геодезические сети:** Геодезические сети, создаваемые методами спутниковых определений.

Примечание – Наиболее известными из них, например, являются российские сети ФАГС, ВГС, СГС-1 и международные ITRF и EUREF.

**3.36 спутниковая геодезическая сеть 1 класса (СГС-1):** Сеть, обеспечивающая следующую по точности после ВГС реализацию координатной системы, опирающаяся на пункты ВГС.

**3.37 спутниковый пункт:** Пункт спутниковой геодезической сети.

**3.38 точные эфемериды (положения навигационного спутника на орбите):** Сведения о местоположении навигационного спутника на орбите, получаемые после проведения траекторных измерений, описывающие реальное движение навигационного спутника.

**3.39 фундаментальная астрономо-геодезическая сеть:** Сеть, обеспечивающая высший уровень точности общеземной геоцентрической координатной системы на территории России.

**3.40 центр геодезического пункта:** Устройство, являющееся носителем координат геодезического пункта.

**3.41 эфемериды:** Сведения о местоположении навигационного спутника на орбите.

**3.42 эпоха (навигационного спутника):** Момент времени, в который спутник находится в некоторой точке орбиты.



## 4 Сокращения

В настоящем руководящем документе введены следующие сокращения:

- б/н – без номера;
- БС77 – Балтийская система высот 1977 года;
- ВГС – высокоточная геодезическая сеть;
- *вр. рп. – временный репер; НЕТ ССЫЛКИ, МОЖЕТ УБРАТЬ*
- ГВО – главная высотная основа;
- ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система, разработанная в России;
- ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система;
- гр. рп. – грунтовый репер;
- НИУ – национальный исследовательский университет.
- НС – навигационный спутник;
- оп. знак – опознавательный знак;
- ПДСС – постоянно действующие спутниковые станции;
- ПК – персональный компьютер;
- Росгидромет – Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
- Росреестр – Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии;
- СГС-1 – спутниковая геодезическая сеть 1 класса;
- ск. марка – скальная марка; *НЕТ ССЫЛКИ, МОЖЕТ УБРАТЬ*
- ск. рп. – скальный репер;
- СКП – средняя квадратическая погрешность;
- ст. рп. – стеной репер; *НЕТ ССЫЛКИ, МОЖЕТ УБРАТЬ*
- УГМС – управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
- ФАГС – фундаментальная астрономо-геодезическая сеть;

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

- ФГБУ «Центр геодезии картографии и ИПД» – Федерального государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных»;

- фнд. рп – фундаментальный репер;

- ЦТЭ – центр точных эфемерид

- GPS (Global Positioning System) – глобальная навигационная спутниковая система, разработанная в США;

- IGS – международная служба глобальных навигационных спутниковых систем;

- NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging) – определение времени и расстояний по навигационным спутникам

## **5 Общие положения**

### **5.1 Глобальные навигационные спутниковые системы**

5.1.1 Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) представляют собой взаимосвязанный комплекс из орбитальных навигационных спутников, наземных служб управления и контроля, а также непосредственных пользователей и производителей спутниковой аппаратуры.

5.1.2 На момент выхода настоящего руководящего документа, полностью введены в действие две ГНСС, это «GPS» – ГНСС, разработанная США и «ГЛОНАСС» – ГНСС, разработанная Российской Федерацией. Также создаются и другие ГНСС, например, европейская «Galileo» и китайская «BeiDou».

5.1.3 Составляющие ГНСС принято называть службой или сегментом – космический сегмент, сегмент управления и контроля и пользовательский сегмент соответственно.

5.1.4 Космический сегмент представлен орбитальными навигационными спутниками (далее – спутники). При полном развёртывании ГНСС космический сегмент состоит из 24 спутников. Кроме основных спутников в ГНСС могут находиться эталонные и дополнительные запасные спутники. Каждый из основных спутников непрерывно передаёт сигнал, включающий информацию о его местоположении и точном времени, а также дальномерный код, позволяющий определять расстояние до спутника.

5.1.5 Спутник имеет на своём борту радиопередатчик с антенной, высокоточные атомные часы, компьютер и разнообразное вспомогательное оборудование: солнечные батареи, системы стабилизации и реактивные двигатели для корректировки орбиты.

5.1.6 Спутники GPS расположены на шести почти круговых орбитах, наклоненных под углом в 55°. Спутники ГЛОНАСС расположены на трех

орбитах отстоящих по долготе на  $120^\circ$ . На каждой орбите находится по восемь спутников. Схема расположение спутников ГНСС представлена на рисунке 5.1.

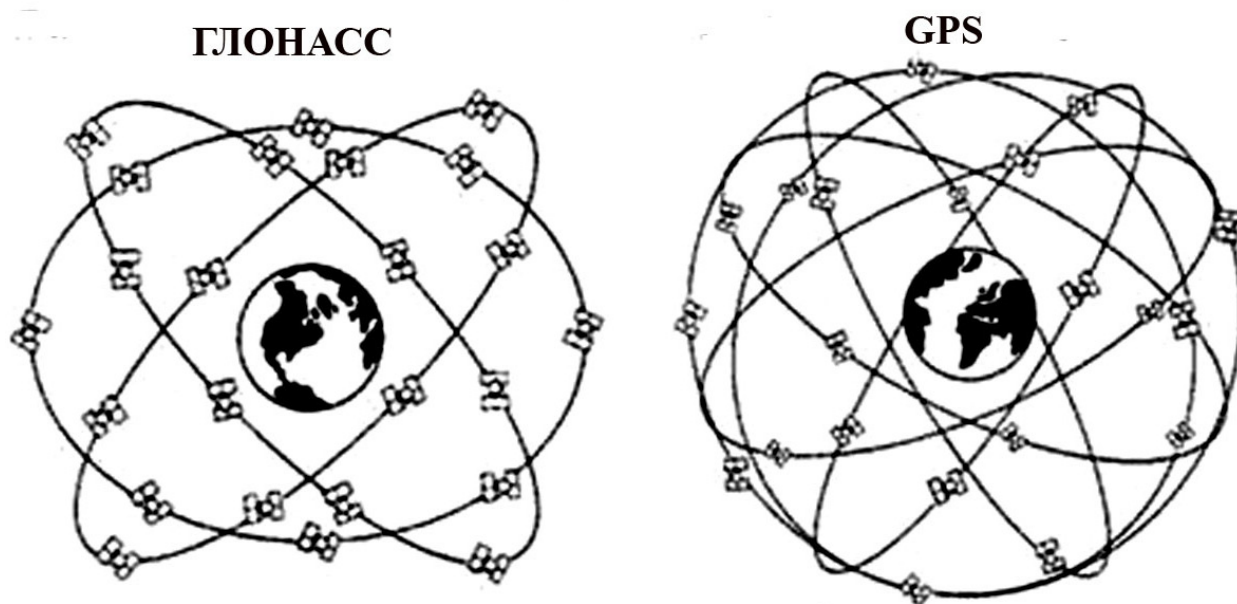


Рисунок 5.1 – Созвездие спутников ГНСС

Высота вращения спутников вокруг Земли составляет около 26 00 км. На каждой орбите располагается по четыре спутника. Период обращения спутников вокруг Земли составляет порядка 12 ч. Таким образом достигается практически полный и постоянный охват поверхности Земли сигналами спутников.

5.1.7 Продолжительность нахождения спутника в зоне видимости при его зенитном прохождении достигает 4 ч. При полном развертывании ГНСС и полностью открытом небосводе спутниковый приемник пользователя может отслеживать минимум четыре спутника. На практике в средних широтах количество отслеживаемых спутников составляет порядка восьми спутников и более.

5.1.8 Сегмент управления и контроля является системой, включающей сеть наземных станций различного назначения, равномерно расположенных на поверхности Земли (для GPS) и равномерно рассредоточенных по территории России (для ГЛОНАСС).

5.1.9 Основными функциями сегмента управления и контроля являются:

- отслеживание орбит спутников;
- отслеживание и поддержка рабочего состояния спутников;
- формирование системного времени GPS Time;
- расчет эфемерид спутников и параметров часов;
- обновление спутниковых навигационных сообщений;
- осуществление при необходимости небольших маневров спутников

для поддержания орбит.

5.1.10 Важная функция сегмента управления и контроля системы GPS – поддержка системы координат WGS-84. Эта система отсчета доступна пользователям GPS через спутниковые эфемериды, вычисленные по данным, собранным на станциях мониторинга.

5.1.11 Управление космическим сегментом ГЛОНАСС осуществляет наземный комплекс управления, который предназначен для контроля правильности функционирования, непрерывного уточнения эфемерид, управления и информационного обеспечения всех спутников системы.

5.1.12 Пользовательский сегмент включает в себя военных и гражданских потребителей ГНСС. Изначально ГНСС разрабатывались для обеспечения национальной безопасности страны и служили главным образом для координации войсковых единиц, оснащенных спутниковыми приемниками, во время боя и различных маневров.

5.1.13 ГНСС получили широкое распространение и в среде гражданских пользователей – возможности ГНСС используют для навигации и при проведении высокоточных геодезических работ, в том числе сети пунктов морских гидрометеорологических наблюдений.

## **5.2 Преимущества использования спутниковых систем**

5.2.1 Использование спутниковых технологий при выполнении работ по контролю и восстановлению реперов на морских уровнях мостах обладает рядом преимуществ перед классическими методами геодезии, такими как геометрическое нивелирование в сочетании с гравиметрической съемкой.

5.2.2 Высокая степень автоматизации обеспечивает оперативность сбора и обработки данных. Высокая точность спутниковой аппаратуры позволяет с требуемой погрешностью осуществлять контроль высотного положения реперов уровнях станций и постов. Спутниковая аппаратура позволяет выполнять работы в любое время суток и в любых метеорологических условиях. Нет необходимости во взаимной видимости между пунктами (реперами).

5.2.3 Использование ГНСС дают возможность существенно снизить трудозатраты и стоимость полевых работ, что позволит в ином свете представить организацию геодезических работ по совершенствованию высотной основы уровнях станций и постов.

## **5.3 Общие сведения о системах координат и высот**

5.3.1 Фигура Земли представляет собой сложную, в математическом смысле, поверхность. Для изучения фигуры Земли определяют форму и размеры некой модели Земли, поверхность которой сравнительно проста, хорошо изучена в геометрическом отношении и наиболее полно в первом приближении характеризует форму и размеры реальной Земли. Приняв поверхность этой модели Земли за отсчетную, определяют относительно неё высоты точек на поверхности Земли реальной.

5.3.2 В первом приближении за фигуру Земли принимают поверхность, являющейся земным эллипсоидом вращения с малым полярным сжатием (референц-эллипсоид). Форму и размеры этого эллипсоида

характеризуют большая  $a$  и малая  $b$  полуоси, то есть экваториальный и полярный радиус Земли, как показано на рисунке 5.2.



УЗП – условный земной полис.

Рисунок 5.2 – Общеземной эллипсоид и система геоцентрических координат.

5.3.3 В качестве модели Земли можно принять так называемый геоид, который представляет собой поверхность ограниченную невозмущенной поверхностью морей и океанов и продолженную под материками так, чтобы отвесные линии во всех её точках были перпендикулярны ей. Однако, для того чтобы изучить фигуру геоида по наземным измерениям с высокой точностью, необходимо силу тяжести измерять непосредственно на его поверхности, что не осуществимо. Тем не менее, в некоторых странах геоид используют для получения так называемых ортометрических высот.

5.3.4 По результатам комплекса наземных астрономо-геодезических и гравиметрических измерений теоретически безупречно может быть определена другая вспомогательная поверхность – квазигеоид. Поверхность квазигеоида незначительно отклоняется от поверхности геоида: в равнинной

## **РД 52.10.\_\_\_\_–201\_**

местности на 2–4 см, а в горах порядка двух метров. На морях и океанах поверхность геоида и квазигеоида совпадает.

5.3.5 Теория квазигеоида была разработана советским ученым М.С. Молоденским. Данная теория получила признание среди геодезистов всего мира и подробно рассматривается в курсах геодезической гравиметрии и теории фигуры Земли.

5.3.6 Значения параметров земного эллипсоида и расположение его в теле Земли подбирают таким образом, чтобы он был равен объему геоида (квазигеоида), причем сумма квадратов отклонений по высоте поверхностей эллипсоида от поверхности геоида (квазигеоида) должна быть наименьшей. Кроме этого центр земного эллипсоида должен совпадать с центром масс Земли, а малая полуось совпадать с положением оси суточного вращения Земли, условно принятым на исходную фундаментальную эпоху. При соблюдении данных правил земной эллипсоид вращения называют общеземным эллипсоидом.

5.3.7 Результаты, полученные в ходе выполнения спутниковых измерений и последующей обработки, должны быть представлены в определенной системе координат.

5.3.8 Для получения координат точки на земной поверхности, помимо эллипсоида требуется задать определенную систему координат. Существует множество систем координат и методов их формирования.

5.3.9 Для решения конкретной прикладной задачи – определения координат и высот реперов уровенных станций и постов необходимо использовать общеземную геоцентрическую систему прямоугольных координат и/или геоцентрическую систему эллипсоидальных координат.

5.3.10 Общеземные системы координат реализуются в виде геодезических сетей, построенных с помощью методов космической геодезии по наблюдениям на радиоинтерферометрах со сверхдлинными базами, лазерной локации спутников и Луны, по спутникам GPS и



ГЛОНАСС. Пункты таких геодезических сетей равномерно распределены по земному шару или по значительной его части.

5.3.11 Система общеземных геоцентрических координат, фиксированная по отношению к Земле, определяется следующим образом:

- начало в центре масс Земли;
- ось  $z$  проходит через УЗП;
- ось  $x$  проходит через точку  $G$  пересечения плоскости экватора и начального меридиана, определяемого как начальный меридиан для счета долгот совокупности станций, реализующих координатную систему;
- ось  $y$  находится в экваториальной плоскости и дополняет систему до правой (см. рисунок 5.2).

5.3.12 При спутниковых GPS и ГЛОНАСС измерениях используют обе системы геоцентрических координат: прямоугольную и эллипсоидальную систему.

5.3.13 В каждой системе положение точки может быть представлено в форме прямоугольных координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  или геодезических (эллипсоидальных) координат (см. рисунок 5.2): геодезической широты  $B$ , геодезической долготы  $L$  и геодезической высоты  $H$ .

5.3.14 Эллипсоидальные координаты пункта задают на основе положения нормали к поверхности эллипсоида, опущенной из этого пункта на поверхность земного эллипсоида (см. рисунок 5.2).

5.3.15 Прямоугольные координаты  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  связаны с эллипсоидальными координатами математически.

5.3.16 Реализация общеземных систем координат – это сложная научная задача. Реализация такой системы для GPS является Мировая система координат WGS-84, разработанная геодезистами Министерства обороны США. В российской системе ГЛОНАСС используется система координат ПЗ-90.11.

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

5.3.17 Наиболее точная реализация общеземной системы координат – это международная земная отсчетная основа ITRF2008, определяемая мировым научным сообществом.

5.3.18 При выполнении расчетов координат реперов уровенных станций и постов необходимо использовать мировую систему координат WGS-84 или ITRF2008.

5.3.19 Система WGS-84 реализована на спутниковой сети IGS. Кроме данной сети в России система WGS-84 реализована на постоянно действующих спутниковых станциях – пунктах фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), пунктах высокоточной геодезической сети (ВГС) и пунктах спутниковых геодезических сетей 1 класса (СГС-1).

5.3.20 При необходимости координаты репера в системе WGS-84 можно преобразовать в любую иную систему координат и картографическую проекцию.

5.3.21 Высоты реперов уровенных постов требуется определять в БС77. Данная система высот реализована на реперах нивелирных сетей I, II, III, IV классов.

5.3.22 Началом счета высот БС77 является черта на металлической пластине, находящейся в устье Синего моста в городе Кронштадт на острове Котлин. От данной пластины к середине 1970-х гг. была построена высокоточная нивелирная сеть I и II классов. В 1977 году нивелирная сеть была уравнена на всей территории СССР.

5.3.23 Следует иметь в виду, что непосредственно из обработки спутниковых измерений получают высоты не в БС77, а в системе координат WGS-84.

5.3.24 Связь между БС77 и системой WGS-84 осуществляется через квазигеоид по формуле

$$H^y = H - \xi, \quad (1)$$

где  $H^y$  – высота в БС77 (нормальная высота), м;

$H$  – геодезическая высота в WGS-84, м;

$\xi$  – высота квазигеоида (аномалия высоты), м.

5.3.25 Высота квазигеоида может быть получена из натуральных измерений (разность между геодезической и высотной в БС77).

5.3.26 Также высота квазигеоида (геоида) может быть получена по модели геоида, например модели EGM2008.

П р и м е ч а н и е – Модель EGM2008 опубликована на сайте Национального Агентства геопространственных исследований Министерства Обороны США (National Geospatial-Intelligence Agency – NGA) в виде значений аномалии высоты, вычисленных в узлах трапеции 2,5'x2,5' и 1'x1'.

5.3.27 Точность определения модельной высоты квазигеоида по модели EGM2008 составляет, для равнинной местности, 10–15 см. При этом, для отдельных регионов Российской Федерации, в модели EGM2008 присутствует систематическая погрешность 70–100 см, которую возможно исключить.

5.3.28 Для уточнения модельных значений высоты квазигеоида необходимо проводить комплекс научно-производственных мероприятий по адаптации ГНСС на конкретный район работ с привлечением спутниковых измерений и данных геометрического нивелирования.

5.3.29 Адаптация ГНСС более подробно рассмотрена в последующих разделах настоящего РД.

## **5.4 Основы спутникового метода определения координат**

5.4.1 Комплект спутникового приёмника, после его включения, отслеживает посылаемые навигационными спутниками сигналы.

5.4.2 Каждый спутник ГНСС непрерывно передаёт сигналы на двух несущих частотах L-диапазона, обозначаемых как L1 и L2 (символ L означает «Link», перевод с английского «связь»). Существуют и дополнительные частоты, которые являются комбинацией частот L1 и L2.

5.4.3 В GPS частоты L1 и L2 образуются бортовым генератором спутника и модулируются дальномерными C/A- и P-кодами.

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

5.4.4 С помощью дальномерных кодов определяется расстояние от спутниковой антенны до спутника. Кроме этого Р-код даёт возможность оценить ионосферную поправку и повысить точность.

5.4.5 С/А кодом модулируется несущая частота L1. Р-код передается на обеих частотах L1 и L2. Поэтому для спутниковой привязки реперов уровня станций и постов допускается применять только двухчастотные спутниковые приёмники.

5.4.6 Каждому спутнику соответствует уникальная последовательность дальномерного кода. Это даёт возможность спутниковому приемнику отличать множественные сигналы разных спутников.

5.4.7 Кроме дальномерных кодов на частотах L1 и L2 передаётся навигационное сообщение. Навигационное сообщение содержит эфемериды, используемые при вычислении положения спутниковой антенны, поправки часов спутника относительно времени GPST, информацию о работоспособности спутника и ожидаемой точности измерений дальности.

5.4.8 Навигационное сообщение также содержит альманах, в котором даются с пониженной точностью орбиты других спутников, данные об их часах, работоспособности спутников и другая информация. Эти данные используются спутниковый приемником для того, чтобы определить, где находится каждый спутник, и произвести быстрый «захват» сигналов спутников, находящихся над горизонтом, но еще не отслеживаемых. Как только один спутник начинает отслеживаться, и его сообщение декодировано, получение сигналов от других спутников происходит достаточно быстро.

5.4.9 Принцип формирования и передачи сигналов ГЛОНАСС многим отличается от GPS. На частотах L1 и L2 передаются дальномерные коды стандартной точности СТ и высокой точности ВТ. На частоте L1 передаются оба типа кодов, а на частоте L2 – только ВТ-код.

5.4.10 Каждый спутник ГЛОНАСС передает свои сигналы поддиапазонов L1 и L2 на несколько разных частотах. Приемник ГЛОНАСС может различать сигналы отдельных спутников в общем входящем сигнале от всех видимых спутников посредством назначения различных частот каналам слежения.

5.4.11 Фаза несущего колебания поддиапазона L1 в спутниках ГЛОНАСС и фазы несущих колебаний поддиапазонов L1 и L2 в спутниках ГЛОНАСС-М модулируется двоичной последовательностью, образованной суммированием по модулю два трех двоичных сигналов: дальномерного кода, навигационного сообщения и вспомогательного колебания типа меандр.

5.4.12 Для определения координат и высот требуемой точки рассчитывают кодовые и фазовые псевдодальности, то есть расстояния до наблюдаемых спутников, полученные с определенной погрешностью. При спутниковых измерениях для расчета координат пункта кроме псевдодальностей используют наблюдения фазы несущей. В этом случае идет подсчет целых и дробных волн.

5.4.13 Для расчета псевдодальностей и нахождения своего местоположения приёмнику необходимо определить четыре неизвестных: X, Y, Z и погрешность часов приёмника. В связи с этим для расчета координат пункта приёмнику потребуется отслеживать сигналы минимум четырех спутников.

5.4.14 При работе в полевых условиях используют три метода определения координат точки (репера): абсолютный, дифференциальный и относительный.

5.4.15 Абсолютный метод определения координат подразумевает использование одного спутникового приёмника или навигационного приемника (оборудование производства Garmin или аналоги). Абсолютный метод следует использовать только для определения приближенных плановых координат репера.

5.4.16 В дифференциальном методе определения координат используют не менее двух спутниковых приемников. При этом один приемник располагается на пункте с известными координатами – исходном геодезическом пункте (далее исходном пункте). В дифференциальном методе определения координат на исходном пункте приемник рассчитывает определенные поправки, которые в реальном времени могут быть переданы на подвижный приёмник, в результате чего будет резко увеличена точность определения координат и высот пункта. Данный метод спутниковых наблюдений используется при кинематическом (RTK или «стой-иди» в реальном времени) режиме съемки.

5.4.17 В относительном методе спутниковые наблюдения также выполняют двумя и более спутниковыми приёмниками. Один приёмник устанавливается на исходном пункте, второй – на пункте определяемом. В относительном методе наблюдения, сделанные на исходном и определяемом пункте, обрабатываются совместно, что позволяет получить еще более высокую точность определения координат в сравнении с дифференциальным методом. Данный метод спутниковых наблюдений используется при статическом (static) режиме съемки. Именно данный режим необходимо использовать при определении координат и высот реперов станций и постов.

5.4.18 Подробнее о работе ГНСС и о спутниковом методе определения координат можно узнать в работах [1,2,3].

## **5.5 Понятия о геодезических сетях**

5.5.1 Геодезические сети в Российской Федерации создаются в соответствии с положениями ГКИНП 01-006-03.

5.5.2 Геодезические сети могут создаваться как на малых, так и на больших территориях земной поверхности. По территориальному признаку геодезические сети делятся на глобальные (общеземные), покрывающие весь земной шар, национальные (государственные) геодезические сети,

создаваемые в пределах территории страны или группы стран, и сети сгущения, то есть сети на локальных участках.

5.5.3 По геометрической сущности различают плановые, высотные и пространственные геодезические сети, центры пунктов которых имеют три координаты – плановые и высотные.

Геодезические сети также различают по методам их создания: триангуляционная сеть, нивелирная сеть, спутниковая сеть и т.д.

5.5.4 В Российской Федерации существует государственная геодезическая спутниковая пространственная сеть как совокупность пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1.

5.5.5 В рамках работ по спутниковой привязки реперов уровенных станций и постов интерес представляют именно геодезические сети ФАГС, ВГС и СГС-1, поскольку координаты пунктов этих геодезических сетей определены в системе WGS-84.

5.5.6 ФАГС обеспечивает высший уровень точности геоцентрической координатной системы на территории Российской Федерации. Сеть ФАГС характеризуется ошибками взаимного положения пунктов в 2 см. Среднее расстояние между пунктами 800–1000 км.

5.5.7 Высокоточная астрономо-геодезическая сеть обеспечивает следующую по точности реализацию геоцентрической системы, опирающуюся на пункты ФАГС. ВГС характеризуется ошибками определения взаимного положения по каждой из плановых координат  $3\text{мм} + 5 \cdot 10^{-8}D$  (где  $D$  – расстояние между пунктами, км) и  $5\text{мм} + 7 \cdot 10^{-8}D$  по геодезической высоте. Средние расстояния между пунктами 150–200 км. Основную часть методики создания ВГС составляют спутниковые определения. Среднее расстояние между пунктами 150–200 км.

5.5.8 СГС-1 является следующей по точности реализацией геоцентрической системы координат. Данная сеть характеризуется ошибками взаимного положения не хуже, чем  $3\text{мм} + 1 \cdot 10^{-7}D$  в плане и  $5\text{мм} + 2 \cdot 10^{-7}D$  по геодезической высоте. Средние расстояния между пунктами 15–20 км.

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

Основную часть методики создания данной сети составляют спутниковые определения. Среднее расстояние между пунктами 15-20 км.

5.5.9 На пунктах ФАГС и ВГС определены высоты в БС77 из геометрического нивелирование I–II классов, которые могут быть использованы при обработке комплекса спутниковых измерений. Высоты в БС77 определенные на пунктах СГС-1 использовать не рекомендуется, поскольку они определены либо из нивелирования III-IV классов, либо с применением модели квазигеоида.

5.5.10 При развитии сети реперов уровенных постов необходимо опираться на существующие геодезические спутниковые пространственные сети, то есть использовать пункты данных сетей в качестве исходных.

5.5.11 Подробнее о геодезических сетях и принципах высшей геодезии представлено в [4].

### **5.6 Постоянно действующие спутниковые станции**

5.6.1 При развитии спутниковой сети реперов уровенных станций и постов, в качестве исходных пунктов можно использовать постоянно действующие спутниковые станции (ПДСС).

5.6.2 ПДСС представляют собой спутниковую пространственную геодезическую сеть, на пунктах которой непрерывно выполняют спутниковые измерения высокоточными спутниковыми приемниками. По сути это дополнительный спутниковый приёмник, работающий на исходном пункте.

5.6.3 Дискретность измерений на ПДСС чаще всего составляет 1 с, 5 с, 15 с, 30 с. Центры пунктов ПДСС имеют координаты в геоцентрической системе, как правило, в системе WGS-84.

5.6.4 Геодезические сети ПДСС могут быть государственными, международными и коммерческими.



5.6.5 На территории Российской Федерации и ближних стран к постоянно действующим спутниковым станциям относятся пункты ФАГС, пункты спутниковой сети IGS и несколько коммерческих сетей ПДСС, созданных и поддерживаемых частными компаниями, реализующими спутниковую аппаратуру в Российской Федерации.

5.6.6 Использование ПДСС при производстве спутниковых работ на реперах уровенных станций и постов даёт возможность сократить трудозатраты и повысить эффективность работ.

## **6 Инструменты, оборудование и программное обеспечением применяемые при спутниковых наблюдениях**

### **6.1 Спутниковая аппаратура и её устройство**

#### **6.1.1 Спутниковый приемник**

6.1.1.1 Спутниковый приёмник, общий вид которого приведен на рисунке 6.1, представляет собой совокупность блоков и устройств различного назначения, объединенных в корпусе с элементами управления.



Рисунок 6.1 – Спутниковый приемник

6.1.1.2 На корпусе спутникового приёмника расположены элементы управления, лампы индикации работы приёмника и разъемы для подключения кабелей.

6.1.1.3 Элементы управления спутникового приёмника, расположенные на его корпусе, позволяют выполнять включение и выключение спутникового приемника, а также осуществлять запуск и остановку спутниковых наблюдений. В некоторых моделях спутниковых приёмников существует возможность переключения между режимами съемки.

6.1.1.4 Спутниковый приемник должен быть сертифицирован для производства работ на территории Российской Федерации.

6.1.1.5 Спутниковый приёмник может быть как отдельным элементом комплекта спутниковой аппаратуры, так и быть совмещенным со спутниковой антенной.

6.1.1.6 Спутниковый приёмник имеет блок питания (встроенные батареи), встроенную память, кварцевые часы, навигационный микропроцессор и другую электронику.

6.1.1.7 Спутниковый приёмник, в зависимости от комплектации, может быть оснащен дополнительными системами, такими как Bluetooth для связи с другими устройствами, и радио или GSM-модемом для работы в режиме RTK. При определении высот реперов уровенных станций и постов наличие данных систем является необязательным.

6.1.1.8 Спутниковый приёмник, после его включения, принимает и обрабатывает сигналы спутников ГНСС. Спутниковый приёмник хранит координаты своего последнего местоположения и последний альманах спутников. Эти данные спутниковый приёмник использует для быстрого нахождения и захвата сигналов со спутников.

6.1.1.9 Кварцевые часы спутникового приёмника работают непрерывно, даже после его выключения.

6.1.1.10 Для детальной настройки спутникового приёмника и выполнения иных операций в полевых условиях можно использовать дополнительное устройство – полевой контроллер.

6.1.1.11 В камеральных условиях настройка спутникового приёмника выполняется через персональный компьютер (ПК), на котором установлено специализированное программное обеспечение, например GPS Configurator (Ttime), Net View (Javad), TRU(Topcon) и другие. Такое программное обеспечение распространяется вместе со спутниковой аппаратурой.

6.1.1.12 Лампы индикации, расположенные на корпусе спутникового приёмника, дают информацию о заряде батарей приёмника или внешнего источника питания, состоянии памяти, а также количестве видимых спутников.

#### **6.1.2 Спецификация разъемов спутникового приемника**

6.1.2.1 На корпусе спутникового приёмника расположен ряд разъемов. Каждый разъем предназначен для определенных устройств. Как правило, на корпусе спутникового приёмника нанесена информация о разъёмах и устройствах, которые могут быть к ним подключены.

6.1.2.2 К спутниковому приёмнику могут быть подключены следующие устройства:

- источники питания (зарядное устройство, внешние аккумуляторные батареи, в том числе автомобильный аккумулятор);
- контроллер;
- ПК;
- GSM-модем;
- одна или несколько спутниковых антенн.

Существуют и другие устройства, которые можно подключать к спутниковому приёмнику.

6.1.2.3 Если спутниковый приёмник не совмещен со спутниковой антенной, обязательно при спутниковых наблюдениях необходимо спутниковую антенну подключить к приёмнику. Для этого необходимо

соединить кабелем антенну и специализированный разъём спутникового приёмника.

6.1.2.4 Подробнее о спецификации разъёмов необходимо смотреть в руководстве пользователя конкретного производителя спутниковой аппаратуры и конкретного спутникового приёмника.

### **6.1.3 Питание спутникового приемника**

6.1.3.1 Спутниковый приёмник, как правило, оснащается двумя внутренними аккумуляторными батареями. Спутниковый приёмник использует внутренние батареи поочередно.

6.1.3.2 При полном заряде внутренних батарей спутниковый приёмник может непрерывно выполнять съёмку 8–15 ч. Стоит иметь в виду, что при низких температурах продолжительность работы аккумуляторных батарей уменьшается.

6.1.3.3 Внутренние батареи могут быть как съёмными, так и интегрированными в корпус спутникового приёмника.

6.1.3.4 Для выполнения многосуточных спутниковых наблюдений следует использовать внешние источники питания.

6.1.3.5 В качестве внешнего источника питания могут быть использованы как специализированные аккумуляторные батареи, так и автомобильные аккумуляторы.

6.1.3.6 Использование автомобильного аккумулятора в качестве внешнего источника питания позволит спутниковому приёмнику непрерывно работать в течении минимум 7 сут.

6.1.3.7 При установке внешнего аккумулятора целесообразно в настройках приёмника отключить зарядку внутренних аккумуляторных батарей. В противном случае энергия внешнего аккумулятора будет идти и на питание приёмника и на подзарядку внутренних батарей, что в свою очередь приведет к более быстрому разряду внешнего аккумулятора.

6.1.3.8 При необходимости и возможности в качестве внешнего источника питания может быть использована непосредственно электрическая

сеть 220В. Для этого необходимо подключить спутниковый приёмник к электрической сети, используя специализированный кабель с адаптером.

6.1.3.9 Зарядное устройство входит в стандартную комплектацию спутникового приёмника и предназначено для зарядки внутренних аккумуляторных батарей.

6.1.3.10 В большинстве случаев зарядный модуль встроен в спутниковый приёмник и аккумуляторы заряжаются непосредственно в приёмнике, который подключается специализированным кабелем с блоком питания к электрической сети..

6.1.3.11 Чтобы избежать нежелательной разрядки аккумуляторных батарей при хранении и перевозке приёмника, необходимо следить за тем, чтобы приёмник был выключен или не произошло непреднамеренного его включения.

#### 6.1.4 Антенна спутникового приемника и её геометрия

6.1.4.1 Антенна спутникового приемника принимает сигналы от видимых спутников и преобразует их в электрический ток. Антенны для геодезических измерений достаточно прочны, имеют стабильные фазовые центры и довольно устойчивы к многопутности спутникового сигнала.

6.1.4.2 Для выполнения спутниковых наблюдений на реперах уровня станций и постов можно использовать наиболее распространенные микрополосковые спутниковые антенны (рисунок 6.2). Антенны данного типа просты в использовании, имеют жесткий корпус, малую массу и размер, а также обладают низкой стоимостью.



Рисунок 6.2 – Спутниковая антенна JAVAD GrAnt.

6.1.4.3 Спутниковая антенна имеет разъём для подключения соединительного с приёмником кабеля. Также в нижней плоскости антенны имеется отверстие с резьбой для установки антенны на штатив или центр пункта с принудительной центрировкой.

6.1.4.4 Микрополосковые антенны спутникового приемника могут быть различной формы. Однако геометрия спутниковых антенн схожа.

6.1.4.5 Точка во внутреннем пространстве антенны, в которую поступает информация об измерениях, является фазовый центр. Геометрический и фазовый центр не всегда совпадают.

6.1.4.6 От фазового центра антенны отчитывается расстояние до спутников.

6.1.4.7 Пользователь спутниковой аппаратуры не может видеть истинное положение фазового центра. Поэтому приведение сделанных измерений от фазового центра к центру репера осуществляется с учетом геометрии спутниковой антенны.

6.1.4.8 Геометрию спутниковой антенны, показанная на рисунке 6.3, или приёмника совмещенного со спутниковой антенной характеризуют следующие параметры:

- радиус антенны;
- расстояние  $A1/A2$  от точки относимости (antenna reference point) до фазового центра антенны;
- расстояние  $C1/C2$  от маркера (survey point) до фазового центра.

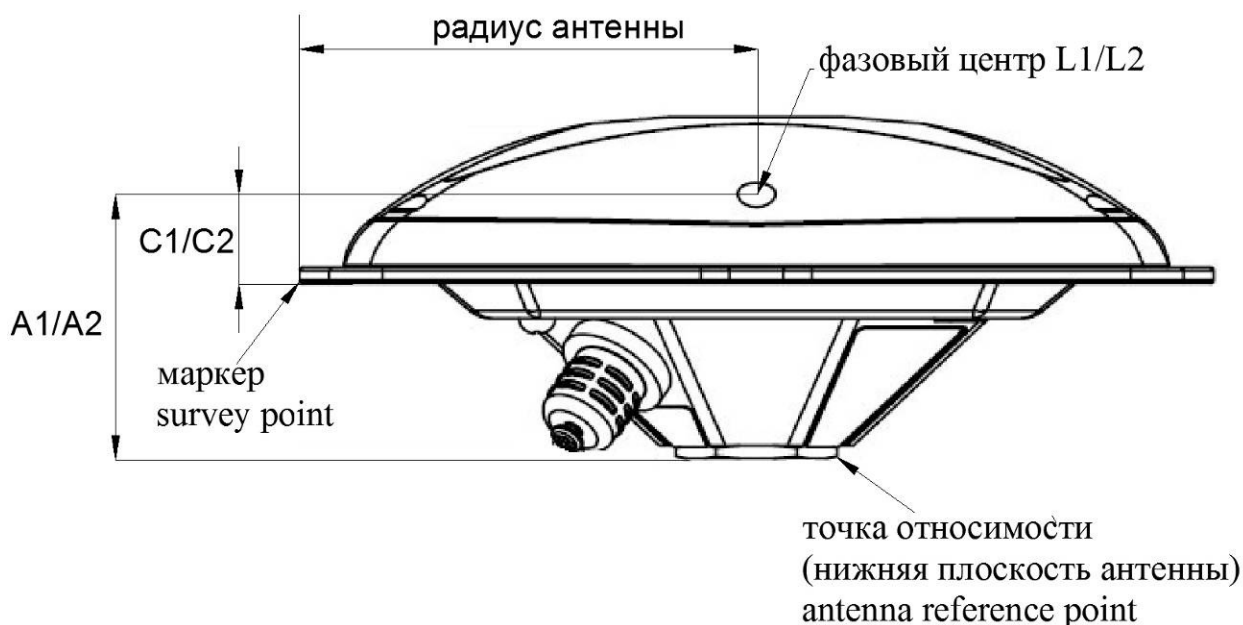


Рисунок 6.3 – Геометрия спутниковой антенны

6.1.4.9 Параметры геометрии антенны позволяют определить расположение фазового центра относительно частей антенны (опорных точек антенны) – survey point (маркер) и antenna reference point (нижняя плоскость антенны).

6.1.4.10 При необходимости параметры геометрии определенной модели спутниковой антенны можно уточнить у производителя спутниковой аппаратуры.

6.1.4.11 NGS на сайте <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>.

### 6.1.5 Кабели, входящие в состав спутниковой аппаратуры, и их назначение

6.1.5.1 Кабели к спутниковой аппаратуре в зависимости от производителя имеют различный вид, однако существенные функциональные отличия отсутствуют.

6.1.5.2 В базовой комплектации спутникового приёмника имеется кабель для соединения самого приёмника со спутниковой антенной. Данного кабеля нет в случае, если спутниковый приёмник совмещен с антенной.

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

6.1.5.3 В базовой комплектации спутникового приёмника также имеется кабель для соединения спутникового приёмника с ПК и полевым контроллером.

6.1.5.4 К комплекту спутниковой аппаратуры также прилагается кабель с блоком питания для подключения спутникового приёмника к электрической сети 220 В.

6.1.5.5 При использовании в качестве внешнего источника питания автомобильного аккумулятора потребуется кабель с «крокодилами» или соответствующий переходник на кабель зарядного устройства. Специализированные спутниковые аккумуляторы, как правило, оснащены необходимым кабелем.

### **6.2 Сопутствующее оборудование**

6.2.1 При использовании ГНСС для определения высот реперов уровенных станций и постов потребуется следующее оборудование.

6.2.2 Для установки спутникового оборудования над центром репером потребуется штатив.

6.2.3 Для закрепления спутниковой антенны на штативе следует использовать трегер, общий вид которого показан на рисунке 6.4. Трегер закрепляется на штативе при помощи станового (закрепительного) винта, находящегося на штативе. На трегере имеется круглый уровень для приведения его в горизонтальное положение, а также оптический центрир.





Рисунок 6.4 – Трегер

6.2.4 На трегер устанавливается адаптер трегера, показанный на рисунке 6.5, и закрепляется на нем винтом или защелкивающим механизмом. Спутниковая антенна может быть привинчена непосредственно на адаптер трегера.



Рисунок 6.5 – Адаптер трегера

6.2.5 Для удобства подсоединения кабеля, соединяющего спутниковый приёмник с антенной, можно использовать дополнительное

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

приспособление – «бобышку». «Бобышка» привинчивается к съёмной втулке адаптера трегера и уже на неё крепиться спутниковая антенна.

6.2.6 Для измерения высоты спутниковой антенны над центром репера понадобится рулетка 3 м.

6.2.7 Также для работ по спутниковой привязке реперов уровенных станций и постов может потребоваться молоток или кувалда, металлический кол, баллончик с краской.

### **6.3 Уход за спутниковой аппаратурой и сопутствующим оборудованием**

6.3.1 В случае намокания спутниковой аппаратуры или сопутствующего оборудования не допускается оставлять их на длительное хранение в закрытых кейсах.

6.3.2 Необходимо ежегодно выполнять поверку и метрологическую аттестацию комплекта спутниковой антенны и приемника. Поверка спутниковой аппаратуры выполняется по договору с организацией, которая имеет соответствующую аккредитацию.

### **6.4 Необходимое программное обеспечение и его назначение**

6.4.1 Неотъемлемой частью комплекта спутниковой аппаратуры является специализированное программное обеспечение. Такое программное обеспечение позволяет выполнять широкий комплекс работ по настройке, управлению спутниковой аппаратуры, переносу данных спутниковых измерений на ПК, обработку этих данных, оценку получаемых результатов, создание отчетов.

6.4.2 Программное обеспечение может быть выпущено производителями спутникового оборудования или другими организациями, использоваться в стандартной геодезической практике или быть

предназначенным для решения фундаментальных, высокоточных и научных задач.

6.4.3 Каждый производитель спутниковой аппаратуры выпускает своё программное обеспечение, с уникальным интерфейсом, специфичными утилитами и в той или иной мере со своими возможностями. При этом спутниковое программное обеспечение, впрочем, как и вся данная отрасль, непрерывно совершенствуется, изменяется, устаревает и появляется в новом виде. Тем не менее, в функциональном плане программное обеспечение, выпускаемое различными производителями, довольно схоже.

6.4.4 Как правило, программное обеспечение спутниковой аппаратуры состоит из нескольких программ различного назначения и специфических утилит. Можно выделить несколько стандартных программ и функций, являющихся неотъемлемой частью любого спутникового программного обеспечения.

6.4.5 Необходимым является наличие программы для настройки спутникового приемника. Данная программа позволяет выставлять интервалы записи спутниковых данных, маску угла возвышения спутников, управлять питанием и устанавливать прочие настройки спутникового приёмника.

6.4.6 Существует программа для скачивания данных со спутникового приёмника. Эта программа может быть как отдельной, так и входить в состав программы для настройки спутникового приёмника. В отдельных моделях спутниковых приемников предусмотрена запись данных непосредственно на внешние носители информации: USB-накопитель, карты памяти.

6.4.7 Основной программой является программа для обработки и уравнивания спутниковых наблюдений, а также оценки точности полученных результатов, создания отчетов и импорта полученных данных в различные специализированные программы и геоинформационные системы.

Наиболее распространенными программами для обработки и уравнивания спутниковых наблюдений в России являются:

## **РД 52.10.\_\_\_\_–201\_**

- Trimble business center – компания Trimble Navigation;
- Leica Geo Office (LGO) – компания Leica Geosystems;
- Justin, Giodis – компания Javad Navigation Systems;
- Magnet Office, Topcon Tools – компания Topcon Positioning Systems.

6.4.8 Также к стандартным компонентам спутникового программного обеспечения относятся планирование спутниковых наблюдений, редактор систем координат и утилита пересчета координат из одной системы в другую, трансформация полученных спутниковых данных в формат RINEX.

6.4.9 Для приобретения навыков работ с конкретным программным обеспечением необходимо использовать руководство пользователя или обратиться в службу технической поддержки дилера спутниковой аппаратуры.

## **6.5 Форматы данных**

### **6.5.1 Формат данных спутникового приемника**

6.5.1.1 Все измерения, выполненные спутниковым приёмником в ходе наблюдений, записываются в виде бинарного файла в память приёмника и/или в память, подключенного к нему, внешнего устройства, например контроллера.

6.5.1.2 Полученный файл имеет фирменный формат для различных производителей спутниковой аппаратуры. По завершению измерений файл со спутниковыми измерениями копируется на жесткий диск ПК для последующей обработки данного файла в специализированном фирменном программном обеспечении.

6.5.1.3 В статических измерениях при каждом запуске записи спутниковых приёмник, как правило, создает новый файл. Пользователь может задать конкретное имя файла. Если пользователь заранее не укажет имя файла, то название файла будет состоять из наименования текущей даты

(записанное в той или иной форме), года и обозначения сеанса спутниковых наблюдений.

### 6.5.2 Формат RINEX

6.5.2.1 Производитель спутникового оборудования разрабатывает и программное обеспечение, которое свободно работает с собственным, фирменным форматом данных. При этом файлы с измерениями стороннего производителя не могут быть напрямую загружены в программное обеспечение, разработанное другим производителем спутниковой аппаратуры.

6.5.2.2 Для независимого обмена данными спутниковыми измерениями, выполненными аппаратурой различных производителей, существует формат RINEX.

6.5.2.3 В каждом программном обеспечении существует функция преобразования файла с измерениями из формата конкретного производителя в формат RINEX, а так же функция импорта и экспорта данных файлов.

6.5.2.4 Наименование файла формата RINEX принято формировать определенным образом. Имя файла должно состоять [nnnnddd.YY $\alpha$ ] или где nnnn – имя пункта, ddd – день года для первой записи в файле,  $\alpha$  – любой английский символ (в случае если обрабатывается суточный файл то должен стоять ноль), в расширении значения YY – последние цифры года. Значение последнего символа « $\alpha$ » определяет тип файла:

- файлы наблюдений – .уу $\alpha$ ;
- сжатые файлы наблюдений – .ууD;
- навигационный файл GPS – .ууN;
- навигационный файл ГЛОНАСС – .ууG;
- навигационный файл ГАЛИЛЕО – .ууL;
- файл метаданных – .ууM.

6.5.2.5 Для удобства, файлы измерений на пунктах ФАГС и спутниковой сети IGS, сразу предоставляются в формате RINEX.

### 6.5.3 Формат спутниковых эфемерид

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

6.5.3.1 При обработке спутниковых измерений в программное обеспечение необходимо загружать (учитывать) уточненные/точные спутниковые эфемериды. Уточненные/точные спутниковые эфемериды позволяют более точно определять координаты и высоты реперов и исключать возможные трудности при обработке длинных базовых линий.

6.5.3.2 Обеспечение потребителей точными эфемеридами осуществляет в соответствии с ГОСТ 56410 центры точных эфемерид (ЦТЭ). Вычисленные эфемериды размещаются на сайте ЦТЭ, а также предоставляются потребителю по интернет адресу или по запросам.

П р и м е ч а н и е – Скачать уточненные спутниковые эфемериды GPS например можно с сайта IGS: [https://igsb.jpl.nasa.gov/components/prods\\_cb.html](https://igsb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html).

6.5.3.3 Спутниковые эфемериды бывают бортовые, которые передаются вместе с сигналом от спутника, и вычисленные ЦТЭ, различных сроков подготовки:

- Оперативные или ультрабыстрые эфемериды (Ultrarapid products), выпускаются с задержкой от 3 до 9 ч, обновляются в 03, 09, 15, 21 UTC;

- уточненные или быстрые эфемериды (Rapid products), выпускаются с задержкой от 17 до 41 ч обновляются в ежедневно в 17 UTC;

- точные или окончателные эфемериды (Final products), выпускаются с задержкой от 12 до 18 дней, обновляются каждый четверг.

6.5.3.4 Эфемериды доступны в двух стандартных форматах: sp3 (ASCII формат) и e18 (бинарный формат). Большинство профессиональных программ обработки спутниковых измерений напрямую поддерживают один из этих двух форматов. При необходимости можно воспользоваться утилитой по переводу между этими двумя форматами.

6.5.3.5 Имена файлов точных эфемерид формируются, как [zzznnnnx.aaa], где zzz – имя организации (NGS, IGS и т.д.), nnnn – порядковый номер GPS недели (например 1861), x – день недели (воскресенье=0, суббота=6), aaa – тип файлы (например, sp3, e18).

## **7 Погрешности измерений при спутниковых наблюдениях**

### **7.1 Точность спутниковых измерений**

7.1.1 Работа и измерения, выполняемые спутниковой аппаратурой, для пользователя не очевидна, как например измерения углов, расстояний или превышений, выполняемые классическими геодезическими приборами. Поэтому пользователь вынужден полагаться на спутниковую аппаратуру, но при этом быть уверен в её правильной работе.

7.1.2 Точность спутниковых измерений зависит от многих факторов:

- погрешности спутниковой аппаратуры;
- расстояния между реперами;
- времени и длительности наблюдений;
- наличия препятствий рядом с репером;
- ошибок наблюдателя;
- внешних условий;
- ошибок математической обработки.

7.1.3 Ошибки спутниковой аппаратуры, при правильно выбранном месте наблюдений, вносят относительно малый вклад в погрешность получаемых результатов. Ошибки спутниковой аппаратуры частично устраняются при обработке спутниковых наблюдений.

7.1.4 Точность спутниковых измерений зависит от метода наблюдений. Так в абсолютном методе определения координат точность находится на уровне 3–5 м в плане, по высоте же ошибка может достигать 50 м.

В дифференциальном и относительном методе точность определения координат будет находиться в сантиметровом диапазоне.

7.1.5 Предельные погрешности положения реперов в плане не должны превышать одной секунды и высоты 5 см.

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

7.1.6 Точность спутниковых измерений во многом зависит от расстояния между пунктами. В зависимости от расстояния, производители оценивают точность спутниковых измерений сделанных двухчастотными спутниковыми приёмниками следующим образом:

- в плане:  $(5 + 1 \cdot 10^{-6}D)$ мм, где D – расстояние между реперами, на которых выполнены синхронные спутниковые измерения, мм.

- по высоте:  $(10 + 1 \cdot 10^{-6}D)$ мм, где D – расстояние между реперами, на которых выполнены синхронные спутниковые измерения, мм.

7.1.7 Точность спутниковых измерений можно повысить, увеличив продолжительность наблюдений на пункте.

7.1.8 Важным условием при спутниковых измерениях является наличие открытого горизонта. Деревья, заборы, здания, люди стоящие рядом со спутниковой антенной и т.п. будут создавать препятствия и помехи для прохождения спутникового сигнала, а также приводить к переотражению этого сигнала. В результате наличия препятствий точность спутниковых измерений может существенно снизиться.

## **7.2 Источники ошибок**

### **7.2.1 Ошибки наблюдателя**

7.2.1.1 При выполнении спутниковых наблюдений действия наблюдателя сведены к минимуму. Тем не менее, ошибка наблюдателя может внести существенную погрешность в получаемую высоту репера. При этом ошибку наблюдателя порой невозможно выявить в процессе последующей обработки спутниковых измерений.

7.2.1.2 Наиболее распространены следующие ошибки наблюдателя:

- неправильно измерена высота спутниковой антенны над репером;
- штатив с трегером, на котором расположена спутниковая антенна, не был отцентрирован или спутниковая антенна не приведена в горизонтальное положение;



- сделана ошибка в журнале спутниковых наблюдений;
- спутниковая аппаратура ошибочно установлена над другим репером.

### 7.2.2 Ошибки спутниковой аппаратуры

7.2.2.1 К ошибкам спутниковой аппаратуры относятся так называемые шумы приёмника, то есть шумы в данных, полученных при измерениях.

7.2.2.2 При часовых наблюдениях шумы приёмника не вносят существенного вклада в общую ошибку спутниковых измерений и оцениваются на уровне 5 мм. Для уменьшения влияния шума приёмника рекомендуется не подвергать сильному тепловому воздействию солнечными лучами.

7.2.2.3 К ошибкам спутниковой аппаратуры также относятся ошибки часов, как спутника, так и приёмника. Однако данные ошибки практически полностью устраняются при обработке спутниковых измерений.

7.2.2.4 Существенный вклад в общую ошибку спутниковых наблюдений может вносить «смещение» фазового центра спутниковой антенны. Фазовый центр спутниковой антенны не является физической точкой. Фазовый центр антенны «смещается» как в горизонтальной плоскости, так и по вертикали. Данное смещение является функцией от текущего азимута, угла возвышения отслеживаемых спутников и ориентировки спутниковой антенны. Причем данное «смещение» разное для каждой частоты L1 и L2.

Однако положения фазового центра антенны в зависимости от азимута и угла возвышения спутников имеет предсказуемый характер и одинаково для всех антенн одного типа.

7.2.2.5 Для того чтобы исключить ошибку, вызванную изменением положения фазового центра, необходимо при обработке спутниковых наблюдений в программном обеспечении вводить таблицы поправок к положению фазового центра, если такового не предусмотрено программным обеспечением.

Данные поправки получают в результате калибровки спутниковых антенн. Таблицы поправок к положению фазового центра можно уточнить у производителя спутниковой аппаратуры.

**Примечание** – Таблицы поправок к положению фазового центра для большинства спутниковых антенн можно получить для сведения на сайте Национальной геодезической службы США (NGS).

7.2.2.6 Надо помнить, что при обработке спутниковых наблюдений помимо поправок в положение фазового центра в зависимости от азимута и угла возвышения спутников необходимо согласно 6.1.4.8 учитывать параметры антенны, то есть положение фазового центра относительно опорных частей антенны.

7.2.2.7 В случае отсутствия учета положения и смещения фазового центра ошибка по высоте может составлять 10 см и более.

### **7.2.3 Многопутность сигнала**

7.2.3.1 Многопутность сигнала возникает вследствие того, что радиоволны от спутника, отражаясь от земли, строений, деревьев и других объектов, доходят до спутниковой антенны по двум и более различным траекториям. В результате отраженный сигнал спутника проходит более длинный путь, чем основной сигнал, что в конечном счете приводит к ошибочному вычислению координат репера.

7.2.3.2 Признаком присутствия многопутности является амплитуда принятых сигналов, которая будет существенно колебаться. Также следствием присутствия многопутности будет являться повышенный уровень невязок в замкнутых спутниковых сетях.

7.2.3.3 Обычно ошибка из-за многопутности медленно меняется с течением времени и может быть исключена при последующей обработке. Однако при коротких сеансах наблюдений (менее 30 мин.) или при некоторых погодных явлениях, таких как снегопад, многопутность может существенно повлиять на конечный результат.

7.2.3.4 Для минимизации ошибки спутниковых измерений, возникающей вследствие многопутности сигнала необходимо:

- использовать спутниковые антенны одного типа;
- по возможности выбирать место для наблюдений вдали от строений, деревьев, металлических баков и других наземных объектов;
- при значительных расстояниях между спутниковыми приёмниками выполнять спутниковые наблюдения более 30 мин.

7.2.3.5 Если требуемый репер находится вблизи наземных объектов, спутниковые наблюдения следует выполнять на временном репере в радиусе до 150 м. В качестве временного репера можно использовать металлический дюбель, арматуру или металлический кол.

7.2.3.6 Выполнив спутниковые наблюдения на временном репере, необходимо методом геометрического нивелирования измерить превышения от временного репера до репера требуемого. При этом плановые координаты требуемого репера следует определить по гармину или же выполнить на данном репере пятиминутные наблюдения спутниковым приёмником.

#### **7.2.4 Геометрический фактор**

7.2.4.1 Точность спутниковых наблюдений зависит от взаимного геометрического расположения положения «видимого» созвездия спутников и антенны спутникового приемника.

7.2.4.2 Влияние геометрического расположения «видимого» созвездия спутников на точность спутниковых определений характеризуется фактором понижения точности DOP (dilution of precision).

7.2.4.3 Фактор понижения точности DOP имеет несколько разновидностей, основные из них:

- геометрический – GDOP: координаты, высота, время;
- позиционный – PDOP: координаты, высота;
- горизонтальный – HDOP: координаты;
- вертикальный – VDOP: высота.

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

7.2.4.4 Фактор DOP характеризуется безразмерной величиной, изменяющейся в пределах первых десятков. Чем значение фактора DOP меньше, тем выше точность спутниковых измерений.

7.2.4.5 Идеальная для спутниковых определений конфигурация спутникового созвездия достигается в случае, когда один из спутников находится в зените, а остальные равномерно распределены по окружности с центром в определяемой точке так, что их возвышение над горизонтом составляет  $20^\circ$ .

7.2.4.6 Наиболее качественные результаты спутниковых наблюдений будут получены при значениях DOP от 0 до 6.

7.2.4.7 Ситуация, когда спутники сгруппированы в небольшой части неба, является неблагоприятной. Неблагоприятной является и ситуация когда спутники отсутствуют в одной или нескольких четвертях небосвода.

7.2.4.8 Фактор DOP меняется с течением времени, вместе с передвижением спутников по небосводу.

7.2.4.9 Для определения периода времени, благоприятного для выполнения спутниковых наблюдений, на стадии проектирования работ выполняется прогнозирование спутникового созвездия (см. 8.2). При этом используют фактор вида PDOP (или GDOP, если программное обеспечение не позволяет вычислять значение PDOP). Спутниковые определения не рекомендуется выполнять при значениях фактора PDOP более 5.

7.2.4.10 Высокий фактор DOP может быть следствием наличия препятствий рядом со спутниковой антенной, которые закрывают небосвод и тем самым создают неблагоприятную геометрию «видимого» созвездия спутников.

## 8 Подготовка к выполнению спутниковых наблюдений

### 8.1 Определение целей и задач спутниковых наблюдений

8.1.1 На первоначальном этапе подготовки к спутниковым наблюдениям необходимо определить цели и задачи предстоящих работ. От выбранной цели спутниковых наблюдений зависит дальнейший порядок подготовительных действий, порядок производства полевых работ и обработки полученных результатов.

8.1.2 Целями использования ГНСС в учреждениях Росгидромета являются:

- а) закрепление системы высот на станциях и постах для оперативного восстановления системы реперов в случае утраты;
- б) восстановление системы реперов на станциях и постах;
- в) постоянный контроль высотного положения реперов станций и постов;
- г) адаптация ГНСС для привязки реперов станций и постов к БС77;
- д) привязка реперов к ГВО в БС77;
- е) координатная привязка станций и постов;
- ж) высотная привязка метеорологических станций;
- з) отслеживание динамики берегов.

8.1.3 При осуществлении указанных целей использования ГНСС первой задачей является определение координат и высот реперов в системе WGS-84.

8.1.4 Цель в соответствии с перечислением а) 8.1.2 предусматривает получение высоты квазигеоида  $\zeta$  на реперах в районе расположения станции или постов по положению 5.3.24. При этом требуется, чтобы для реперов, на которых планируется выполнять спутниковые наблюдения, были известны отметки в системе высот БС77 или условной системе высот (на удаленных от

материка островах или труднодоступных территориях, где отсутствует государственная нивелирная сеть).

8.1.5 При реализации цели в соответствии с перечислением б) 8.1.2 решается обратная задача относительно задачи указанной в цели в соответствии с перечислением а) 8.1.2. То есть определение высоты репера в БС77 или условной системе на основе результатов спутниковых наблюдений и известной высоты квазигеоида. Соответственно восстановление системы реперов на станциях и постах становится возможным после выполненных работ по закреплению системы высот на данных станциях и постах (цель в соответствии с перечислением а) 8.1.2).

8.1.6 Контроль высотного положения реперов (цель в соответствии с перечислением в) 8.1.2), который в соответствии с наставлениями [5], [6] должен осуществляется раз в 3 года для рабочих и контрольных реперов и один раз в 10–15 лет для основного репера, может проводиться также после реализации цели в соответствии с перечислением а) 8.1.2.

8.1.7 Адаптация ГНСС для привязки реперов станций и постов к БС77 (цель в соответствии с перечислением г) 8.1.2) является научно-производственной работой, которая должна выполняться УГМС совместно с НИУ Росгидромета и Росреестра.

8.1.8 Адаптация ГНСС для привязки реперов станций и постов к БС77 предусматривает исследование моделей квазигеоида (геоида), определения стратегии работ и предельных расстояний передачи высот в БС77 с использованием ГНСС на конкретной территории.

8.1.9 Цель в соответствии с перечислением д) 8.1.2 заключается в определении, с использованием ГНСС, отметок реперов в БС77 от реперов государственной нивелирной сети. По сути, данный вид работ является альтернативой геометрическому нивелированию IV класса.

8.1.10 При реализации цели в соответствии с перечислением д) 8.1.2 определяющим фактором является предельное расстояние, на которое, с

использованием ГНСС, может быть передана с требуемой точностью высота от репера государственной нивелирной сети до реперов станции или поста.

В данном случае предельное расстояние определяется в результате научно-производственных работ по адаптации ГНСС на конкретной территории (в соответствии с перечислением г) 8.1.2). До производства работ по адаптации ГНСС на конкретной территории не рекомендуется передавать высоту от репера государственной нивелирной сети до реперов станции или поста на расстояние свыше 1 км.

8.1.11 Возможности использования ГНСС также позволяют выполнять координатную привязку (в соответствии с перечислением ж) 8.1.2) гидрологических станций и постов, а также реперов. Эта наименее трудоемкая работа, предусматривающая не продолжительные спутниковые наблюдения. Учитывая требуемую точность определения геодезических координат (до одной секунд) допускается применение, как спутниковых приемников геодезического класса, так и обычных навигационных приемников, типа «гармин».

8.1.12 Высотная привязка реперов метеорологических станций (в соответствии с перечислением е) 8.1.2) с необходимой точностью 0,1 м (в соответствии с Методическим письмом ФГБУ «ГГО» [х], осуществляется с использованием ГНСС и моделей квазигеоида (геоида). Данная задача также как и координатная привязка не является трудоемкой. Высоту репера метеорологической станции можно определить из получасовых спутниковых наблюдений.

8.1.13 Результатом выполненных работ должен стать каталог спутниковых координат, высот в БС77 и высот квазигеоида, определённых для реперов уровенных станций и постов.

8.1.14 На первом этапе использования ГНСС в учреждениях Росгидромета необходимо выполнить адаптацию ГНСС для определенных территорий.

## 8.2 Прогнозирование спутниковых наблюдений

8.2.1 Перед составлением рабочего проекта и проведением непосредственно спутниковых наблюдений может потребоваться выполнить их прогнозирование. Прогнозирование спутниковых наблюдений заключается в установлении интервалов времени, в которых конфигурация созвездия спутников благоприятна для спутниковых измерений.

8.2.2 Прогнозирование спутниковых наблюдений важно выполнять, когда вокруг реперов уровенных постов находятся какие-либо препятствия, закрывающие часть небосвода и препятствующие прохождению радиосигналов от спутников.

8.2.3 Исходными данными при осуществлении прогнозирования спутниковых наблюдений служат координаты репера или района работ с точностью 1 мин. и эфемериды спутников. В случае если рядом с реперами находятся препятствия, закрывающие часть небосвода, то в качестве исходной информации при прогнозировании спутниковых наблюдений необходимо использовать также значения высот и азимутов границ этих препятствий. При этом допускается вместо азимутов использовать дирекционные углы, то есть углы от направления на север до границы объекта. В качестве высот препятствий используют вертикальные углы (углы возвышения) между фазовым центром спутниковой антенны и верхними границами препятствий.

8.2.4 Для того чтобы получить эфемериды спутников необходимо использовать файл спутниковых наблюдений, сделанных ранее в исследуемом районе. Если такого файла нет, то можно специально выполнить одним приёмником пятиминутные спутниковые измерения в данном районе. Также для прогнозирования спутниковых наблюдений можно использовать точные эфемериды, файлы альманахов Yuma или SEM, и другие форматы.



8.2.5 Для прогнозирования спутниковых наблюдений необходимы эфемериды, полученные не позднее 30 дней до даты, на которую выполняется прогнозирование.

8.2.6 Прогнозирование спутниковых наблюдений выполняется для каждого репера с учетом имеющихся вокруг препятствий.

8.2.7 Если вокруг реперов, участвующих в сеансе наблюдений, препятствия для прохождения радиосигналов от спутников отсутствуют, то прогнозирование спутниковых наблюдений выполняют сразу для всех реперов.

8.2.8 Наличие препятствий, закрывающих часть небосвода и мешающих прохождению радиосигналов от спутников, а также высот и азимутов границ данных препятствий определяется в ходе проведения обследования реперов и рекогносцировки (см. 8.5).

8.2.9 Прогнозирование спутниковых наблюдений производится в специализированной программе (программе для прогнозирования), входящей в состав фирменного программного обеспечения. Работу с интерфейсом программы для прогнозирования выполняют в соответствии с руководством пользователя.

8.2.10 В программу для прогнозирования вводят исходные данные:

- дата и время планируемых спутниковых наблюдений;
- эфемериды спутников;
- координаты реперов;
- угол отсечки спутников (маска по углу возвышения спутников);
- азимуты и возвышения препятствия вокруг репера.

8.2.11 Препятствия наносят в программе для прогнозирования на круговую диаграмму (схему небосвода над спутниковой антенной), представленную на рисунке 8.1.

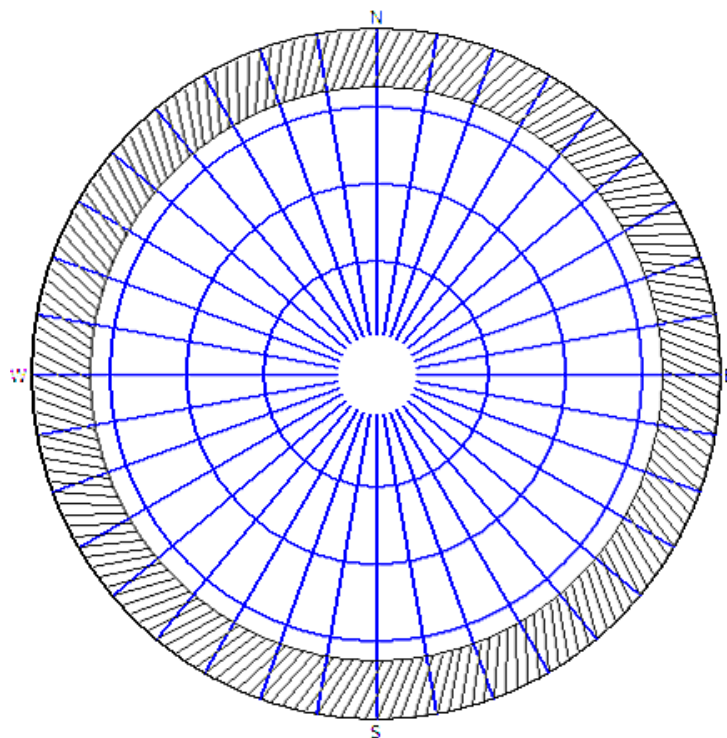


Рисунок 8.1 – Круговая диаграмма

8.2.12 В центре диаграммы расположена спутниковая антенна. На схеме откладываются азимуты и значения вертикальных углов  $\alpha$  между фазовым центром спутниковой антенны и верхними границами препятствий. Вертикальные углы  $\alpha$  определяются по формуле

$$\alpha = \arctg h/S, \quad (2)$$

где  $h$  – высота препятствия минус высота спутниковой антенны, м;

$S$  – расстояние от спутниковой антенны до препятствия, м.

Примечание – Значения вертикальных углов  $\alpha$  также можно измерить эклиметром.

8.2.13 В центре диаграммы угол возвышения равен  $90^\circ$  и уменьшается до нуля к краю окружности. Также на круговой диаграмме показывается угол отсечки спутников. Этот угол обычно составляет от  $10^\circ$  до  $15^\circ$ .

8.2.14 После ввода в программу для прогнозирования исходных данных устанавливают благоприятные для спутниковых наблюдений интервалы времени. Также возможно осуществить выбор угла отсечки спутников.

8.2.15 Азимуты определяются либо по крупномасштабным топографическим картам либо по компасу на местности.

При использовании топографических карт, определяя азимут, учитывают склонение линий километровой сетки и склонение магнитного азимута на период определения угла. Точность измерения угла палеткой  $1^\circ$ .

Определить азимут можно с помощью компаса. Для этого необходимо сориентировать компас по сторонам света, выбрать нужный объект, и либо визирным кольцом, либо специальной стрелкой направить на объект. Угол, который образовался между направлением на север и выбранным объектом, будет являться азимутом. Азимут всегда определяется по часовой стрелке.

8.2.16 Нахождение благоприятных интервалов времени для спутниковых наблюдений производят как для отдельных реперов, так и для всей спутниковой сети реперов в целом.

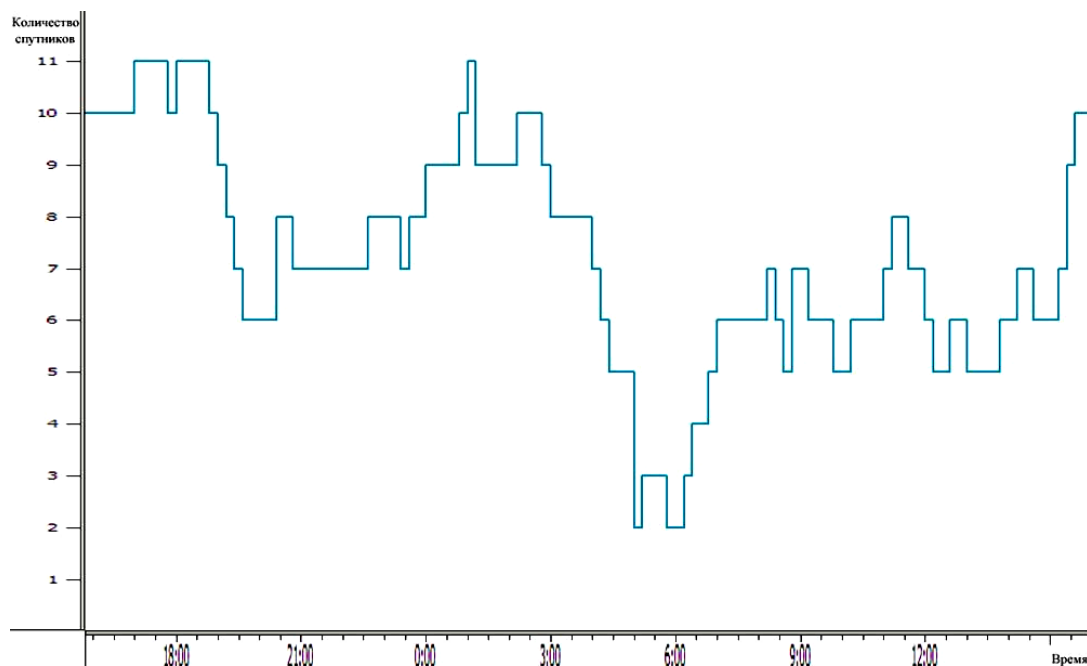
8.2.17 Нахождение благоприятных для спутниковых наблюдений интервалов времени выполняют исходя из следующей информации, которую можно получить в программе для прогнозирования:

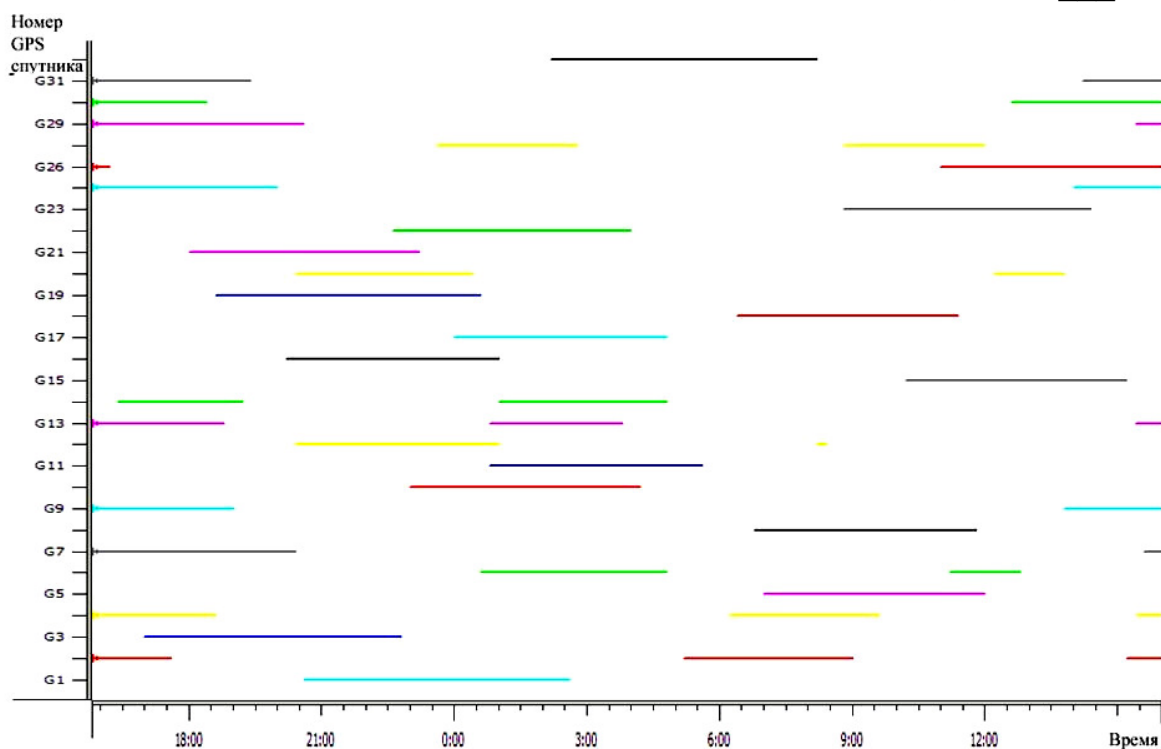
- график, отображающий количество видимых спутников в зависимости от времени суток;
- график, отображающий видимые спутники их номера и время нахождения в зоне видимости;
- график значений геометрических факторов PDOP, GDOP и др.;
- схема движения видимых спутников на небесной сфере.

8.2.18 Для каждого репера необходимо построить графики по 8.2.17 и провести их анализ, при этом должны выполняться следующие условия:

- количество общих видимых спутников быть больше четырех;
- продолжительность видимости минимального количества общих видимых спутников достаточна для получения качественных результатов;
- значения геометрических факторов (как правило, это PDOP) не превышать значения 6.

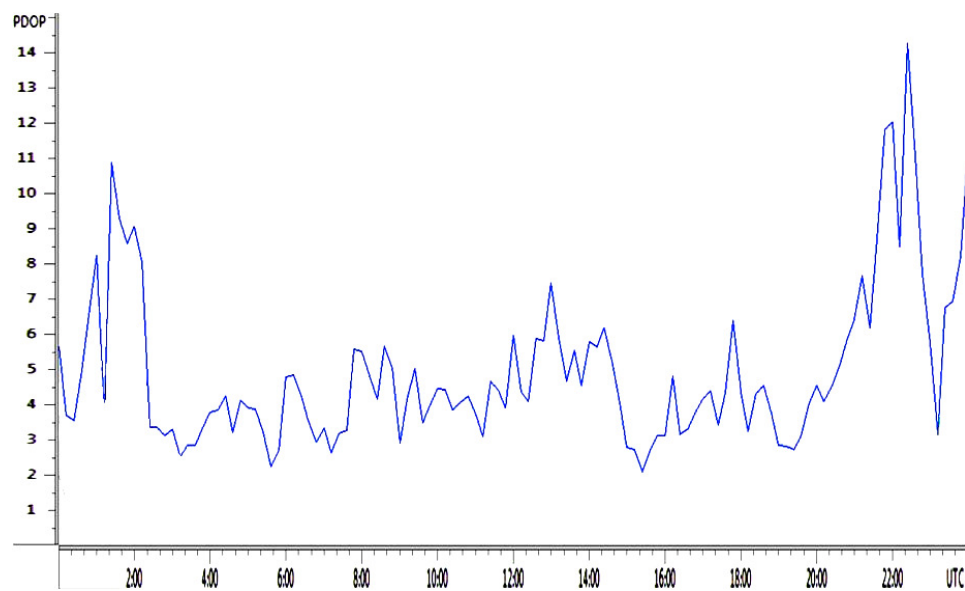
*Пример – Из анализа графика, отображающего количество видимых спутников в зависимости от времени суток (рисунок 8.2) можно определить, что с 5:00 до 7:00 по международному времени количество видимых спутников было меньше четырех, и соответственно в данный временной отрезок спутниковые измерения не дадут требуемых результатов.*





**Рисунок 8.3 - Видимые спутники их номера и время нахождения в зоне видимости**

Для отдельного репера нахождение благоприятных интервалов времени наблюдений можно осуществлять по графику значений PDOP (рисунок 8.4).



**Рисунок 8.4 – Пример изменения значений PDOP в течение суток**

На рисунке 8.4 видно, что значение PDOP в течение суток изменяется от 2 до 15. Наиболее благоприятные для спутниковых наблюдений интервалы времени те, в которых значение PDOP находится на уровне от 0 до 6. Соответственно в данном примере благоприятные интервалы времени – с 2:00 до 12:00 и с 13:30 до 21:30.

8.2.19 В программе прогнозирования спутниковых наблюдений присутствует возможность посмотреть схему траекторий движения видимых спутников на небесной сфере в заданные интервалы времени, которая показана на рисунке 8.5.

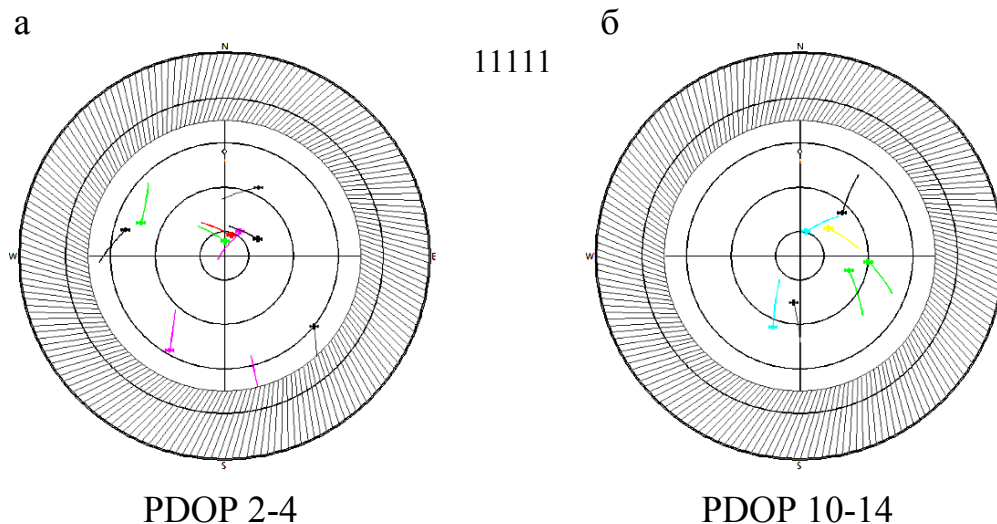


Рисунок 8.5 – Схема траекторий движения видимых спутников на небесной сфере в заданные интервалы времени

На рисунке 8.5а показана схема движение видимых спутников на небесной сфере в достаточно благоприятный для спутниковых измерений интервал времени. В данном случае спутники сравнительно равномерно распределены по небосводу.

На рисунке 8.5б в одной из четвертей небосвода совершенно нет спутников, соответственно в данном случае значения PDOP получаются высокие и данный интервал времени является не благоприятный для спутниковых наблюдений. В данном случае качество получаемых результатов будет достаточно низким.

### 8.3 Общие требования к выбору места проведения спутниковых работ

8.3.1 Вне зависимости от того есть ли на уровне поста репер или выбирается место для закладки нового репера, необходимо оценить местность на предмет возможности проведения спутниковых наблюдений и в конечном счете получения качественных результатов.

8.3.2 Основным требованием к выбору места проведения спутниковых измерений является максимально открытый небосвод выше  $10^{\circ}$ – $15^{\circ}$  над горизонтом.

8.3.3 Не рекомендуется наблюдать спутники, возвышение которых над горизонтом составляет менее  $15^{\circ}$ , т.к. в противном случае полученные со спутника сигналы будут значительно искажаться влиянием атмосферной рефракции.

8.3.4 Препятствия, такие как здания, сооружения, густая растительность и крупные предметы, мешают прохождению спутникового радиосигнала. Нельзя устанавливать спутниковый приёмник около стен, любых заборов выше установленной на штатив спутниковой антенны.

8.3.5 Спутниковые наблюдения выполняются над грунтовыми или скальными реперами. Не допускается пытаться устанавливать спутниковую антенну над стенными реперами, марками или реперами, находящимися возле стен зданий или других конструкций.

8.3.6 Объекты с плоской поверхностью как вертикальной, так и горизонтальной, отражают радиосигнал и в большей или меньшей степени, в зависимости от расстояния до спутниковой антенны и площади поверхности объекта, создают эффект многопутности, понижающий точность спутниковых определений. К таким объектам относятся сооружения и крупные, особенно металлические предметы. Кроме того эффект многопутности создают и водные поверхности.

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

8.3.7 Во избежание появления эффекта многопутности необходимо по возможности выставлять спутниковый приемник как можно дальше (не менее 30 м) от зон, близких к крупным металлическим объектам, водным поверхностям, нефтеналивным бакам и т.п.

8.3.8 Радиопомехи, создаваемые источниками радиосигналов (мощными радиостанциями), находящимися на расстоянии менее 1 км от приемника, а также подвесными высоковольтными линиями электропередач, находящимися на расстоянии менее 50 м от приемника, понижают точность спутниковых определений. Необходимо также избегать размещения спутниковых приемников вблизи этих объектов.

8.3.9 Линии электропередач, провода и кабели диаметром до 2–3 см не являются препятствиями для прохождения радиосигнала.

8.3.10 Во время спутниковых измерений не допускается располагать спутниковую антенну под каким-либо объектом, например сигналом пункта государственной геодезической сети, накрывать антенну зонтом, тряпкой и т.д.

8.3.11 В подавляющем большинстве случаев, наличие на месте работ каких-либо объектов, препятствующих прохождению спутниковых радиосигналов и (или) создающих эффект многопутности или проведение работ со стенными реперами и марками не исключает возможность выполнения спутниковых измерений для определения плановых координат и высот реперов. Рекомендации по производству спутниковых работ в подобных случаях даны ниже.

8.3.12 При наличии рядом с репером невысоких препятствий, таких как заборы, кусты и т.д., необходимо максимально увеличить высоту штатива с установленной на нем спутниковой антенны.

8.3.13 Если препятствия вокруг репера не позволяют произвести спутниковые наблюдения, то необходимо:



- выполнить спутниковые наблюдения на временном репере, который следует заложить в радиусе 150 м от репера рабочего (от одноэтажных зданий необходимо отходить со спутниковым приёмником на 15–20 м, от многоэтажных – 50 м и более);

- методом геометрического нивелирования III класса измерить превышение от временного до рабочего репера;

- факт и результаты нивелирования отразить в журнале спутниковых измерений;

- для определения приближенных плановых координат, выполнить на рабочем репере спутниковые наблюдения продолжительностью 5–10 мин.

8.3.14 При закреплении временных реперов необходимо придерживаться следующих рекомендаций. Временными реперами могут служить деревянные колья диаметром 5–8 см, металлические трубы (уголковая сталь), забитые в грунт на 0,4–0,6 м, с установленными рядом сторожками, либо нанесенный краской крест на валуне. Временные знаки окапывают канавой по окружности диаметром 0,8 м. Центр временного знака обозначают гвоздем, вбитым в верхний срез кола (столба) или насечкой на металле.

8.3.15 При наличии препятствий в месте предполагаемых спутниковых измерений целесообразно выполнить, в соответствии с рекомендациями 8.2, прогнозирование спутниковых наблюдений.

8.3.16 В том случае, если в радиусе 150 м нет возможности или целесообразности установки временного репера и выполнения над ним спутниковых наблюдений, необходимо выполнять спутниковые наблюдения на рабочем репере, значительно увеличив при этом продолжительность самих спутниковых наблюдений на рабочем репере и на исходном пункте соответственно.

8.3.17 Принципы выбора места проведения спутниковых работ необходимо применять при обследовании и рекогносцировке новых реперов на уровнях станциях и постах.

## 8.4 Сбор и анализ материалов о ранее выполненных работах

8.4.1 Перед созданием рабочего проекта спутниковых наблюдений необходимо провести сбор и анализ материалов о ранее выполненных топографо-геодезических работах в требуемом районе.

8.4.2 Применительно к работам по спутниковой привязке реперов уровенных станций и постов необходимо получить и проанализировать следующие материалы:

- карты (картосхемы) 1:200 000 или более крупного масштаба, в зависимости от размера района работ;

- данные о реперах уровенных станций и постов (наличие реперов, описания их местоположения, отметки и приближенные координаты);

- данные о реперах государственной нивелирной сети, расположенных в районе уровенных станций и постов (наличие реперов, описания их местоположения, отметки и приближенные координаты);

- технические отчеты о ранее выполненных нивелирных работах и материалы последнего обследования по ранее выполненным нивелирным работам;

- сведения о ранее выполненных в районе работ спутниковых измерениях;

- данные о ближайших к району работ пунктах спутниковых сетей ФАГС, ВГС и СГС-1 (наличие пунктов, описания их местоположения, координаты в системе WGS-84 и высоты в системе БС77);

- данные о ближайших к району работ пунктах спутниковой сети IGS (наличие пунктов, описания их местоположения, координаты в системе WGS-84);

- данные о различных ПДСС станциях расположенных в районе выполнения работ (их наличие, дискретность записи данных, точность координат и система в которой эти координаты представлены, возможные перебои в работе);

- технические дела уровенных станций и постов.

8.4.3 Необходимые материалы о ранее выполненных топографо-геодезических работах, проводимых на реперах государственной нивелирной и спутниковой сети, должны быть получены в соответствии с ГКИНП 17-267 в Центральном картографо-геодезическом фонде Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД») Росреестра. Процедуру получения данных целесообразно предварительно уточнить в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» и его филиалах.

8.4.4 Данные спутниковых наблюдений на пунктах ФАГС можно получить, обратившись в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД».

8.4.5 Спутниковые измерения на пунктах спутниковой сети IGS и других спутниковых сетей можно загрузить по интернету из архива данных спутниковых наблюдений SOPAC (The Scripps Orbit and Permanent Array Center), который служит глобальным центром хранения и анализа данных измерений на пунктах IGS, точных орбит и метеопараметров.

Расположение ПДСС IGS можно посмотреть на интерактивной карте <http://sopac.ucsd.edu/map.shtml>. Данные в формате RINEX для необходимых ПДСС можно получить по адресу <http://sopac.ucsd.edu/dataBrowser.shtml>. Поиск файлов осуществляется по имени пункта (четырёхзначный идентификатор) и датам (начальной и конечной) наблюдений. Для удобства на данном сайте имеется конвертор дат наблюдений в GPS формате.

Координаты ПДСС IGS доступны по адресу <http://sopac.ucsd.edu/allSiteLogs.shtml>.

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

8.4.6 При анализе собранных материалов о ранее выполненных топографо-геодезических работах необходимо обратить внимание на следующее:

- качество закладки реперов должно быть в соответствии с ГКИНП 07-016;

- расстояния от уровенных постов до постоянно действующих спутниковых станций, пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1;

- расстояния от уровенных постов до ближайших реперов государственной нивелирной сети;

- координаты спутниковых пунктов должны относиться к системе WGS-84 или ITRF2008;

- высоты пунктов и реперов должны относиться к БС77.

8.4.7 В результате сбора и анализа материалов должны быть разработаны следующие документы:

- пояснительная записка;

- сводный каталог полученных пунктов и реперов, включающий координаты и высоты пунктов и реперов, описание их местоположения, тип и класс пунктов и реперов, год закладки и последнего обследования, информацию о ранее выполненных работах на этих реперах;

- карту (картосхему) с нанесенными на ней пунктами и реперами.

8.4.8 Собранные сведения необходимо уточнить при обследовании каждого пункта и репера на местности.

8.4.9 Необходимо подобрать исходные спутниковые пункты. В качестве исходных спутниковых пунктов необходимо выбирать пункты наиболее близкие к пунктам проектируемой спутниковой сети. При этом исходные пункты должны располагаться равномерно, а их плотность быть максимум один пункт на 300 км<sup>2</sup>.

8.4.10 Следует осознано подходить к выбору исходных пунктов и оценивать возможные трудозатраты. К примеру, нет необходимости

выполнения наблюдений на пункте ВГС, при существующей в нескольких километрах от этого пункта постоянно-действующей спутниковой станции.

## **8.5 Обследование, восстановление, рекогносцировка реперов**

8.5.1 Одним из этапов спутниковой привязки реперов уровенных станций и постов к ГВО является обследование и восстановление пунктов и реперов, сведения о которых получены при проведении сбора и анализа материалов о ранее выполненных работах.

8.5.2 Обследование и восстановление необходимо производить в соответствии с требованиями РТМ 7-72-87 и РТМ 7-89-83.

8.5.3 Необходимо обследовать: репера уровенных станций и постов, расположенные в их районе репера Государственной нивелирной сети, пункты спутниковых сетей ВГС и СГС-1, находящиеся в районе работ. Пункты постоянно действующих спутниковых станций (сети ФАГС или международных спутниковых сетей) обследования не требуют.

8.5.4 В ходе обследования необходимо:

- установить фактическую пригодность пунктов и реперов для производства спутниковых наблюдений;

- фиксировать азимуты и возвышения границ препятствий (с учетом предполагаемой высоты спутниковой антенны), если их высота над горизонтом более  $15^\circ$ ;

- определить, используя навигационные приемник, координаты пунктов и реперов с точностью до одной секунды;

- выявить зоны возможных искажений и радиопомех спутниковых сигналов;

- сделать крупным планом фотографии центров пунктов и реперов, а также опознавательных столбов и охранных табличек при их наличии;

- подробно сфотографировать местность вокруг пунктов и реперов;

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

- выполнить восстановление внешнего оформления найденных пунктов и реперов (осуществить покраску центров пунктов и реперов, при наличии опознавательных столбов принять меры по их восстановлению, восстановить окопку);

- скорректировать описание местоположения пунктов и реперов, сделать абрисы;

- определить место для полевого лагеря;

- решить вопросы, связанные с доступом на режимные объекты и частные владения, транспортным обеспечением, проживанием и питанием наблюдателя, а также энергообеспечением спутниковых наблюдений, зарядкой аккумуляторов и разгрузки информации из приёмника;

- предусмотреть обеспечение продовольствием, водой, горючим, а также решить вопросы, связанные с бытовыми нуждами наблюдателя;

- продумать вопросы связи;

- уделить особое внимание технике безопасности, определить наличие вредных и опасных условий, осложнения санитарно-эпидемиологической обстановки, присутствия опасных насекомых, хищных животных, предусмотреть все возможные действия по обеспечению безопасности наблюдателя.

8.5.5 Азимуты и высоты границ препятствий, а также заключение о пригодности пункта и репера для спутниковых наблюдений фиксируются в абрисе возвышающихся препятствий, оформленным в соответствии с приложением А.

8.5.6 В случае непригодности пунктов и реперов для проведения спутниковых измерений необходимо наметить меры по обеспечению возможности производства наблюдений на этих пунктах по 8.3.12–8.3.15.

8.5.7 По результатам обследования пунктов и реперов необходимо создавать списки обследованных, восстановленных и утраченных пунктов, которые оформляют в соответствии с примером, приведенным в приложении Б.

8.5.8 Пункт считается утраченным, если обнаружены явные признаки уничтожения его центра (на месте пункта построено какое-либо сооружение, вырыт котлован и т.п.). Все остальные пункты, не обнаруженные на местности в результате обследования, считаются найденными.

8.5.9 По результатам обследования пунктов и реперов необходимо составлять абрисы и карточки обследования пунктов. Карточка обследования и закладки пунктов, а также пример заполнения приведены в приложение В.

8.5.10 Карточка обследования репера должна включать:

- название или номер репера;
- номер репера по каталогу;
- класс и разряд репера;
- название местоположения;
- тип знака и тип центра;
- названия организации производшей закладку;
- года закладки;
- приближенные координаты в системе WGS-84;
- высоту в БС77;
- тип и состояние наружного знака;
- состояние центра;
- тип внешнего оформления;
- абрис репера;
- фотографию центра и местности вокруг пункта.

8.5.11 Абрис местоположения каждого пункта и репера составляется и вычерчивается непосредственно на месте работ в одном экземпляре. В описании местоположения знака обязательно указывается не менее трёх ориентиров и расстояния до них. Направления на ориентиры должны образовывать засечку под углами порядка  $30^{\circ}$ – $120^{\circ}$ . При расположении грунтовых знаков вне застроенной части, обязательно указывается не менее трёх дальних и трёх ближних ориентиров. Дальние ориентиры необходимы для нанесения знака на тот или иной лист карты данного масштаба, ближние

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

ориентиры необходимы для непосредственного опознавания пункта на местности, особенно в условиях, когда пункт закрыт для визуального обозрения (зимой - засыпан снегом; при производстве земляных работ - засыпан землёй и т.п.).

В качестве ориентиров необходимо использовать контуры и объекты местности, возможность изменения которых должна быть наименьшей, а именно: углы построек, отдельно стоящие деревья, колодцы городских коммуникаций, столбы электролиний и т.п. Для столбов указывается их номер. Необходимо указывать, от какой точки контура выполнен промер до пункта (от края или центра столба, люка колодца и т.п.). При использовании в качестве ориентиров дорог и рубленых деревянных домов, измерения расстояний до пунктов производится от оси дороги и угла дома.

Расстояние от центра пункта до постоянного предмета местности измеряется с точностью до 0,01 м от основных элементов ситуации (четких контурных точек), расстояния до которых не более 25 м, с точностью до 0,1 м – при расстоянии от 25 м до 100 м и с точностью до 1 м – более 100 м.

8.5.12 Перед закладкой реперов уровенных станций и постов необходимо провести рекогносцировку.

8.5.13 При проведении рекогносцировки необходимо:

- установить место для закладки репера, пригодное для выполнения спутниковых измерений (при выборе места закладки руководствоваться 8.3);

- для предполагаемого места закладки репера фиксировать азимуты и высоты границ препятствий (с учетом предполагаемой высоты спутниковой антенны), если их высота над горизонтом более 15°; если потребуется прогнозирование спутниковых наблюдений составить абрис возвышающихся препятствий;

- выявить зоны возможных искажений и радиопомех спутниковых сигналов;



- подробно сфотографировать местность предполагаемой закладки репера;
- решить вопросы, связанные с доступом на режимные объекты и частные территории, транспортным обеспечением, проживанием и питанием наблюдателя, а также энергообеспечением спутниковых наблюдений;
- определить место для полевого лагеря;
- предусмотреть обеспечение продовольствием, водой, горючим, а также решить вопросы, связанные с бытовыми нуждами наблюдателя;
- продумать вопросы связи;
- уделить особое внимание технике безопасности, определить наличие вредных и опасных условий, осложнения санитарно-эпидемиологической обстановки, присутствия опасных насекомых, хищных животных, предусмотреть все возможные действия по обеспечению безопасности наблюдателя.

## **8.6 Общие требования при составлении рабочего проекта работ**

8.6.1 Производство работ по спутниковой привязке реперов уровенных станций и постов выполняется на основании составленного рабочего проекта.

8.6.2 Рабочий проект, касающийся производства работ по спутниковой привязке реперов уровенных станций и постов составляется в соответствии с требованиями настоящего руководящего документа и состоит из текстовой, графической и сметной части.

8.6.3 Рабочий проект должен содержать:

- название объекта;
- цель проектируемых работ;
- сведения о системах координат и высот;
- установление предельных погрешностей определения координат и высот;

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

- определение модели квазигеоида или геоида (если требуется);
- физико-географическую характеристику района работ, влияющую на организацию и проведение спутниковых измерений;
- сведения о ранее выполненных топографо-геодезических работах;
- сведения об исходных спутниковых, нивелирных пунктах;
- сведения о реперах ГВО, включенных в спутниковую сеть;
- сведения о закладке новых рабочих реперов, обоснование выбора места закладки и типов рабочих реперов;
- проект работ по нивелированию (если требуется);
- проект и схему спутниковой сети, нанесенную на картографическую основу;
- программу и сроки выполнения спутниковых работ;
- информацию об используемой аппаратуре и программном обеспечении;
- мероприятия по обеспечению техники безопасности и охране труда;
- расчет объемов работ, сметной стоимости, обоснование штатного расписания;
- перечень топографо-геодезических, картографических и других материалов, подлежащих сдаче по окончании работ;

8.6.4 Дополнительная информация и комментарии по составлению рабочего проекта представлены в этом подразделе и последующих подразделах раздела 8.

8.6.5 Цель проектируемых работ, в зависимости от этапа использования ГНСС в учреждениях Росгидромета, определяется в соответствии с 8.1.2.

8.6.6 В зависимости от цели проведения работ необходимо указать систему координат и высот. Координаты реперов уровенных станций и постов, получаемые в результате спутниковых измерений, необходимо рассчитывать и представлять в системе координат WGS-84. Также высоты реперов требуется определять в БС77 или условной системе высот.

8.6.7 Требование к точности определения координат и высот устанавливается в соответствии с требованиями наставления [].

8.6.8 При составлении физико-географической характеристики района работ важно представить сведения о характере растительности, дорожной сети и проходимости местности, наличие помех в виде радиолокаторов, УКВ-передатчиков, линий электропередач, возможный перепад температур в период выполнения работ, информацию о глубинных промерзаниях и оттаивания грунтов, информацию о гидрографическом режиме.

8.6.9 Сведения о ранее выполненных топографо-геодезических, а также сведения об исходных спутниковых пунктах и реперах ГВО представляются в техническом проекте в соответствии и на основе с 8.4. При этом должен быть составлен сводный каталог исходных геодезических пунктов, составленный в принятой системе координат и высот.

8.6.10 Выбор и количество исходных пунктов обуславливается целью проектируемых работ и размером проектируемой спутниковой сети. Так при создании спутниковой сети, закреплении системы высот на станциях и постах, контроле высотного положения самих реперов в проектируемую спутниковую сеть необходимо включение как минимум трех исходных спутниковых пунктов с известными координатами и высотами в системе WGS-84. При определении высот реперов в БС77 с использованием ГНСС необходимо включение в спутниковую сеть пяти реперов ГВО, в соответствии с требованием ГКИНП (ОНТА)-02-262-02.

8.6.11 В качестве исходных спутниковых пунктов могут быть использованы: пункты сетей ФАГС, ВГС, СГС-1, постоянно действующие международные спутниковые станции, репера уровенных станций и постов, координаты и высоты которых были определены ранее из спутниковых наблюдений.

8.6.12 Мероприятия по обеспечению техники безопасности и охране труда осуществляются в соответствии ПТБ-88 и РД БГЕИ 36-01.

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

8.6.13 При необходимости рассчитывается сметная стоимость с обоснованием штанного расписания в соответствии с СУР-2002 или СУСН-2002.

8.6.14 Рабочий проект должен быть утвержден начальником УГМС и согласован с ФГБУ «ГОИН», курирующим данные работы.

8.6.15 По окончании должен быть представлен отчет (в соответствии с разделом 11) о проведенных топографо-геодезических работах.

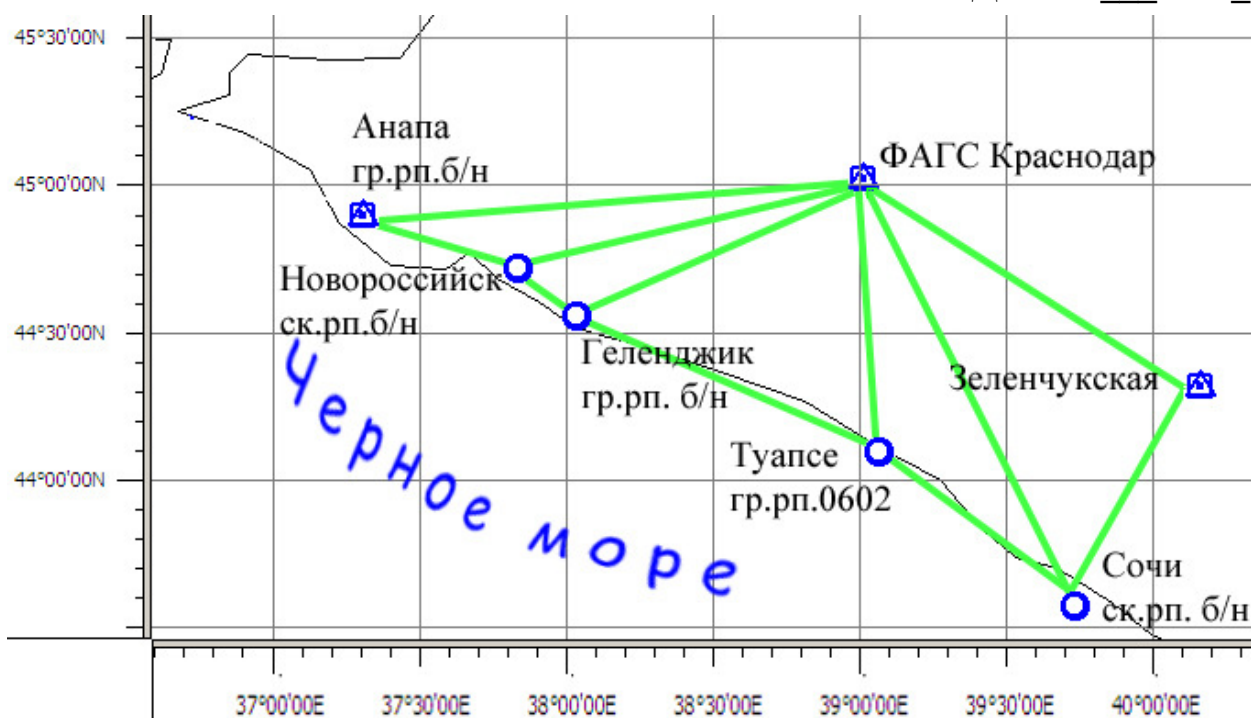
### **8.7 Проектирование спутниковой сети**

8.7.1 Плановые координаты и высоты реперов с использованием ГНСС определяют методом построения спутниковых сетей.

8.7.2 Проект спутниковой сети составляется на основе данных, полученных в ходе сбора и анализа материалов о ранее выполненных топографо-геодезических работах, данных собранных в ходе обследования и рекогносцировки реперов.

8.7.3 Спутниковая сеть реперов станций и постов создается с использованием статического режима съемки, который предполагает синхронные спутниковые наблюдения на двух и более реперах и пунктах. При этом проектирование спутниковой сети заключается в установлении определяемых реперов уровенных станций и постов, выборе исходных спутниковых пунктов, реперов ГВО, участвующих в наблюдениях, а также определение необходимых базовых линий (векторов спутниковой сети) между пунктами и реперами.

8.7.4 Базовые линии получаются в результате сдвоенных или более, синхронных по времени сеансов наблюдений различными приемниками, находящимися на концах этих линий. Схема спутниковой сети представлена на рисунке 8.6.



Условные обозначения:

- |  |             |  |
|--|-------------|--|
|  | ФАГС Ростов | – исходный спутниковый пункт;              |
|  | Туапсе      | – определяемый репер спутниковой сети;     |
|  |             | – базовая линия (вектор спутниковой сети). |

Рисунок 8.6 – Схема спутниковой сети

8.7.5 Минимальное количество базовых линий при проектировании спутниковой сети должно быть установлено так, чтобы все линии сети были определены независимо друг от друга, включая линии, опирающиеся на пункты геодезической основы, то есть ломаная из соединения этих линий не должна пересекать сама себя в точках соединения линий и не замыкаться. При этом необходимо запроектировать определение базовых линий от каждого определяемого пункта не менее чем до трех пунктов.

8.7.6 Если в работе участвуют несколько приемников, например пять, то возникает большое количество "избыточных" векторов, не показанных на рисунке 8.6. При необходимости любые два пункта сети можно соединить вектором базы. Высокую избыточность сети считают фактором

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

положительным, поскольку имеется много замкнутых фигур и, следовательно, имеют место многочисленные контроли. Однако, приступая к окончательной обработке сети, некоторые векторы можно исключить.

8.7.7 Необходимо, по возможности, проектировать короткие базовые линии. На этапе постобработки, в процессе разрешения многозначности, вероятнее получить фиксированное (fixed) решение именно для коротких базовых линий. Если три пункта сети расположены в ряд, а расстояния от среднего пункта до крайних пунктов равны 70 км, то целесообразно определить именно короткие вектора, а затем, при обработке, определить вектор, связывающий крайние пункты, как сумму двух векторов. Если же выполнить наблюдения только на базе длиной в 140 км, соединяющей крайние пункты, то, вероятнее, будет получено плавающее (float) решение. Это увеличит ошибку определения взаимного положения крайних пунктов и снизит точность сети в целом.

8.7.8 Допускается при необходимости выполнения измерений только на одном репере и в этом случае необходимо иметь три исходных пунктов ПДСС.

8.7.9 Форма наземной спутниковой сети не влияет на качество получаемых результатов. «Геометрия решения» определяется геометрией спутникового созвездия и числом векторов между пунктами.

8.7.10 Для оценки качества сети по внутренней сходимости целесообразно проектировать спутниковую сеть, состоящую из любых замкнутых фигур (треугольников, четырехугольников и других многоугольников) и комбинаций. Качественная спутниковая сеть может быть получена из нескольких пунктов, расположенных на прямой линии.

8.7.11 Сеть может включать несколько полигонов. Полигон должен содержать не более восьми векторов баз. Такой подход к проектированию и созданию геодезической сети позволяет оценить величину невязки в каждом полигоне и определить ошибки компонент векторов. Полигон образуют векторы, полученные из разных сессии наблюдений.

8.7.12 При развитии спутниковой сети нет необходимости в обеспечении прямой видимости между пунктами.

8.7.13 Поскольку точность измерений напрямую зависит от расстояния между пунктами, при проектировании спутниковой сети необходимо выбирать определяемые и исходные пункты таким образом, чтобы длины векторов были минимальны.

8.7.14 В создаваемой спутниковым методом площадной геодезической сети необходимо иметь как минимум три исходных пункта. Чем больше сеть, тем большее количество исходных пунктов необходимо в нее включать. Если есть сомнения в надежности некоторых исходных пунктов, что случается довольно часто, то для большего контроля добавляют в сеть еще некоторое количество исходных пунктов. Это позволяет оценить внутреннюю согласованность сети исходных пунктов. Чем больше количество исходных пунктов, тем лучше.

8.7.15 Предельные расстояния между пунктами сети зависят от многих факторов, таких как спецификации спутниковой аппаратуры, времени и условий наблюдений, возможностей программного обеспечения, используемого при обработке, и т.п.

8.7.16 При привязке реперов станций и постов к ГВО (см. перечисление д) 8.1.2) предельное расстояние между пунктами сети определяется в соответствии с 8.1.10.

8.7.17 При использовании современного высокоточного спутникового оборудования и соответствующего программного обеспечения, расстояния между пунктами могут быть до двух тысяч километров. Пределом же расстояний для векторов является возможность синхронных наблюдений. Чем длиннее расстояние между пунктами, тем меньше наблюдается общих спутников. Для уверенного получения геодезических высот реперов с требуемой точностью не рекомендуется проектировать вектора более 300 км.

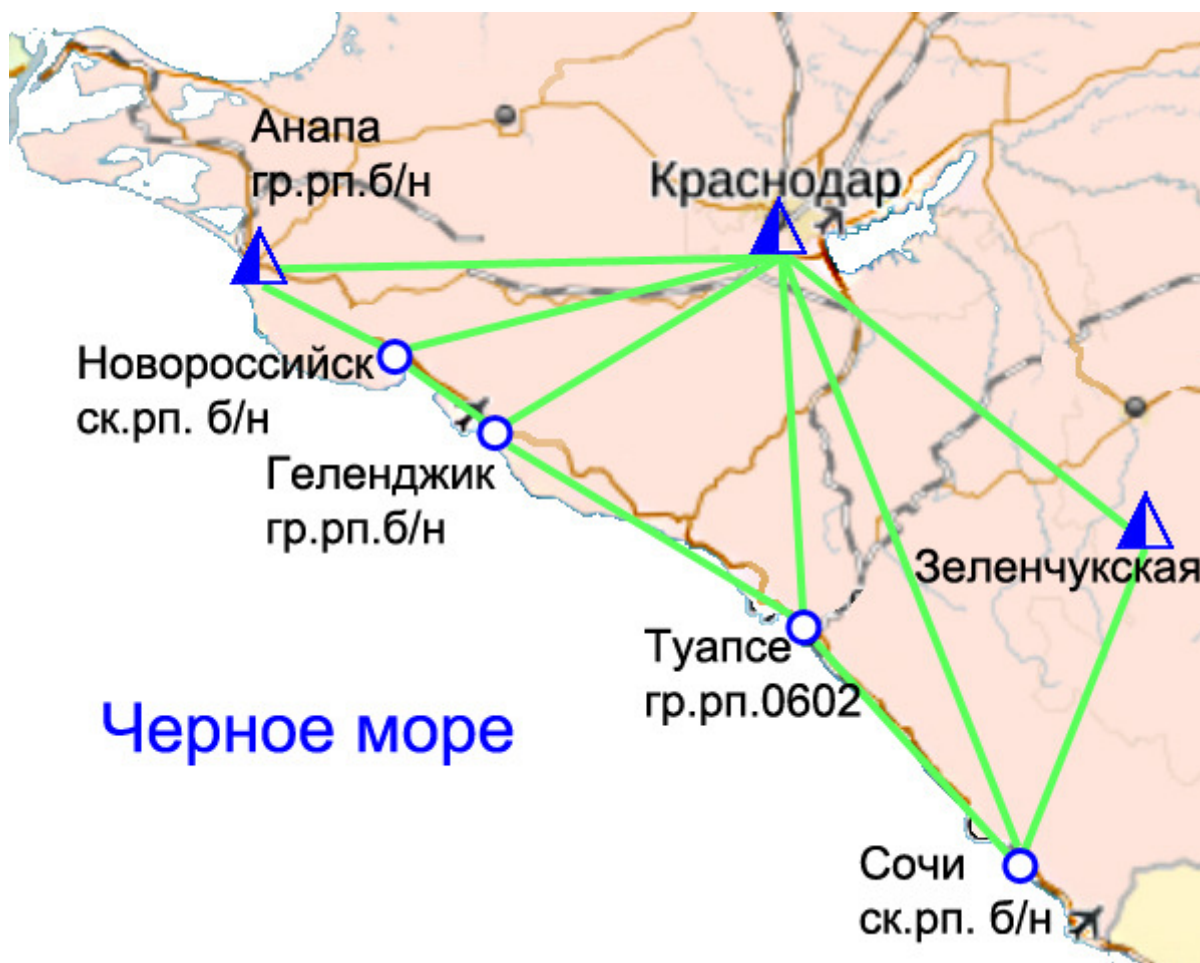
8.7.18 Проектируемую спутниковую сеть необходимо нанести на картографическую основу (в зависимости от размеров объекта и от густоты

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

геодезической сети используют карты разных масштабов). Для этого на картографической основе необходимо отметить расположение уровенных станций и постов, репера уровенных станций и постов, спутниковые пункты, которые будут приняты за исходные пункты, а также репера ГВО, на которых планируется выполнить спутниковые наблюдения.

8.7.19 После нанесения на картографическую основу уровенных станций и постов, пунктов и реперов спутниковой сети необходимо обозначить базовые линии, которые необходимо определить при выполнении спутниковых наблюдений. Пример проекта спутниковой сети представлен на рисунке 8.7.

8.7.20 При нанесении спутниковой сети на картографическую основу, необходимо пользоваться условными обозначениями в соответствии с приложением Г.





Условные обозначения:

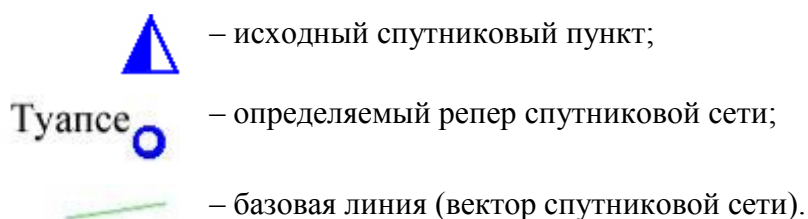


Рисунок 8.7 – Проект спутниковой сети, нанесенной на картографическую основу

8.7.21 При необходимости, в рабочий проект спутниковых наблюдений, следует включить работы по закладке и нивелированию реперов в соответствии с ГКИНП 03-215, ГКИНП (ГНТА) 03-010 и РД 52.10.768.

8.7.22 При закладке реперов, на основе данных рекогносцировки, определяют тип центров и реперов в соответствии с Альбомом центров и реперов [] и Дополнению к альбому типов центров и реперов [], а также места закладки в соответствии с Правилами закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей [].

## 8.8 Составление рабочей программы спутниковых наблюдений

8.8.1 Рабочая программа спутниковых наблюдений (далее – программа работ) создаётся для определения объема работ и порядка действий, которые будут выполняться в процессе реализации рабочего проекта спутниковой сети.

8.8.2 Порядок действий устанавливает, каким образом будет осуществляться поочередное перемещение спутниковых приемников по пунктам, с целью реализации базовых линий запланированной сети. При этом одним из приемников может потребоваться проведение нескольких сеансов наблюдения на одном пункте. Если у приемника имеется

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

достаточный объем памяти и обеспечено внешнее питание, приемник может постоянно работать на одном пункте в течение нескольких сеансов других приемников, которые перемещаются по пунктам.

8.8.3 Пример и форма составления программы работ приведен в приложении Д.

8.8.4 В программе работ необходимо детально отразить:

- количество и номера сеансов наблюдений;
- начало и конец спутниковых наблюдений на каждом пункте;
- номера приемников, используемых на тех или иных пунктах;
- значения интервала регистрации данных наблюдений спутников;
- программу закладки и нивелирования реперов (если требуется);

8.8.5 При необходимости, для определения периода времени, благоприятного для выполнения спутниковых наблюдений, на стадии проектирования работ выполняется прогнозирование спутникового созвездия, в соответствии с подразделом 8.2 настоящего РД.

8.8.6 При определении высоты пункта продолжительность спутниковых наблюдений необходимо рассчитывать следующим образом. При длине базовой линии до 5 км минимальная продолжительность спутниковых наблюдений должна составлять 2 ч, каждый последующий км + 5 мин, к общему времени стояния на определяемом пункте.

8.8.7 При определении высот метеорологических станций с точностью 0,1 м продолжительность спутниковых наблюдений можно сократить в несколько раз. При определении геодезических координат реперов с погрешностью до одной секунды достаточно выполнить спутниковые наблюдения продолжительностью 15–30 мин.

8.8.8 При разработке программы работ также требуется продумать маршруты и время передвижения между пунктами, решить вопросы с транспортным обеспечением, проживанием и продовольственным снабжением специалистов.

8.8.9 В случае производственной необходимости в программе работ необходимо предусмотреть работы по закладке реперов и нивелированию. Работы по нивелированию реперов определяются РД 52.10.768 и ГКИНП (ГНТА) 03-010.

## **8.9 Закладка реперов**

8.9.1 После составления работ проекта спутниковых работ при необходимости производят закладку реперов станций и постов в соответствии с результатами рекогносцировки.

8.9.2 Закладку реперов станций и постов следует производить в соответствии с требованиями ГКИНП 07-016-91.

8.9.3 При закладке реперов необходимо обеспечить их сохранность и долговечность. Не разрешается производить закладку реперов на пахотных землях, болотах, проезжей части дорог, вблизи размываемых бровок русел рек, берегов водных объектов и в других местах, где может нарушиться сохранность знака и где сам знак может явиться помехой хозяйственной деятельности.

8.9.4 После закладки реперов уровенных станций и постов необходимо составить карточку закладки репера и абрис возвышающихся препятствий, если предполагается прогнозирование спутниковых наблюдений. Карточка обследования и закладки пунктов, а также пример заполнения приведены в приложение В. Абрис возвышающихся препятствий приведен в приложении А.

8.9.5 Карточка закладки репера должна включать:

- название или номер репера;
- название местоположения;
- тип знака и тип центра;
- названия организации произведшей закладку;
- года закладки;

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

- приближенные координаты в системе WGS-84;
- высоту в БС77, если была выполнена нивелировка;
- тип и состояние наружного знака;
- состояние центра;
- тип внешнего оформления;
- абрис пункта и подробное описание местоположения;
- фотографию центра и местности вокруг пункта.

8.9.6 Правила составления абрисов местоположения реперов приведены в 8.5.9.

## **9 Производство спутниковых наблюдений**

### **9.1 Перечень необходимого оборудования и инструментов**

9.1.1 Состав комплекта спутникового оборудования и инструментов, необходимых для выполнения полевых работ, зависит от метода спутниковых определений, способов и технологических приемов выполнения работ и других обстоятельств. В общем случае для производства полевых работ необходимо следующее:

- комплект спутникового приемника, включающий элементы для приведения его в рабочее состояние, такие как спутниковая антенна, аккумуляторные батареи, зарядное устройство, соединительные кабели, полевой контроллер (если имеется) и транспортировочный футляр;

- штатив или другое устройство для установки спутникового приемника над пунктом;

- трегер;
- адаптер трегера;
- рулетка 3 м для измерения высоты антенны;
- рулетка 30–50 м для составления абриса репера;
- колья, дюбель-гвозди, топор, кувалда;

- фотоаппарат для фотосъемки расположения репера;
- описание местоположения реперов;
- полевой журнал спутниковых измерений, бумага для составления абрисов, авторучка, карандаш;
- эксплуатационная документация.

Также целесообразно иметь полевой компьютер (ноутбук) для сброса и предварительной обработки спутниковых измерений.

В случае проведения работ по закладке реперов и нивелированию, необходимо следующее:

- нивелир со штативом;
- нивелирные рейки;
- полевой журнал нивелирования;
- лопата, перфоратор, цемент и реперы, которые предполагается закладывать.

9.1.2 Также полевой бригаде необходимо иметь:

- а) средства, связанные с регулированием движения людей и транспорта (конусы, фонари);
- б) перечень важных сведений:
  - срочные телефонные номера;
  - имена, адреса, номера телефонов владельцев той собственности, на территории которой собираются выполнять геодезические работы;
  - имена, адреса, номера телефонов официальных представителей, регулирующих порядок нахождения на той территории, где собираются выполнять геодезические работы;
- в) полевое снаряжение, запас воды и пищи;
- г) идеально, если у каждой бригады будет имеется в распоряжении автомобиль.

9.1.3 Перед выездом на полевые работы необходимо осуществить проверку комплекта и исправности аппаратуры и оборудования. Убедиться,

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

что батареи спутникового приемника полностью заряжены, осуществить проверку исправности оптического центрира, трегера и винтов.

9.1.4 К производству полевых работ, как правило, допускаются лица, прошедшие курс обучения работе с приемниками того типа оборудования, который предполагается применять для спутниковых определений. Перед выездом на полевые работы с целью освоения технологии и обеспечения надежности проведения работ рекомендуется выполнять пробные спутниковые определения.

9.1.5 При работе со спутниковой аппаратурой следует соблюдать правила по технике безопасности на топографических и геодезических работах в соответствии с ПТБ-88.

### **9.2 Настройка спутникового приемника**

9.2.1 Настройка спутникового приемника в настоящем руководящем документе приводится для статического режима измерений.

9.2.2 Подготовку приемника к работе, требуется производить в соответствии с эксплуатационной документацией конкретного производителя спутниковой аппаратуры.

9.2.3 После соединения спутникового приемника с ПК необходимо открыть программу для настройки спутникового приемника и произвести следующие основные настройки спутникового приемника:

а) проверить и при необходимости очистить внутреннюю память, чтобы иметь достаточный объем для регистрации наблюдений требуемой продолжительности (при одновременной записи сигналов ГЛОНАСС и GPS и интервале записи в 30 с объем измерений составляет порядка 100 килобайт в час);

б) установить интервал регистрации спутниковых измерений, который должен быть одинаковым для всех приемников, используемых в сеансе. При длительных спутниковых измерениях, необходимых на реперах

станций и постов, рекомендуется устанавливать интервал регистрации спутниковых измерений равный 30 с;

в) установить маску по углу возвышения регистрируемых спутников равную  $15^{\circ}$ ;

г) выбрать статический режим регистрации данных;

д) указать имя файла записи (название пункта).

#### Примечания

1 Обычно, в зависимости от производителя спутниковой аппаратуры, при включении приемника на запись к имени файла автоматически добавляется дата наблюдений.

2 При необходимости осуществить управление питанием с указанием внутреннего или внешнего источника питания.

9.2.4 Если на пункте имеется возможность подключения к спутниковому приемнику полевого контролера или ноутбука, то указанные в 9.2.3 параметры, включая значение высоты антенны, можно ввести в спутниковый приемник непосредственно на пункте.

## 9.3 Порядок работы на пункте

### 9.3.1 Установка спутниковой аппаратуры над репером

9.3.1.1 Для установки спутниковой аппаратуры необходимо над пунктом установить штатив. Штатив устанавливается таким образом, чтобы центр штатива примерно располагался над центром пункта, при этом выдвинутые ножки должны примерно обеспечивать горизонтальное положение штатива.

9.3.1.2 На штативе требуется установить трегер, после чего трегер необходимо отцентрировать и привести с помощью круглого уровня в горизонтальное положение. Центрирование трегера и установка его в горизонтальное положение рекомендуется производить следующим способом:

а) установить винты трегера в среднее положение;

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

б) закрепить одну из ножек штатива, с силой наступив на подножку острой части штатива и по возможности утопив её в грунт до этой подножки; с помощью движущейся части ножки штатива вернуть штатив обратно примерно в горизонтальное положение;

в) руками приподнять свободные две ножки штатива и, глядя в окуляр оптического центрира, выполнить центрировку над пунктом;

г) закрепить ножки штатива, с силой наступив на подножки острой части штатива и по возможности утопив их в грунт до этих подножек;

д) при необходимости, используя винты трегера, еще раз выполнить центрирование; также центрирование можно выполнить, ослабив закрепительный винт трегера и перемещая его в горизонтальном положении;

е) манипулируя движущимися частями только двух ножек штатива, привести штатив в горизонтальное положение, при этом пузырек круглого уровня на трегере требуется вывести в центр. Одной из ножек вывести пузырек на линию, параллельную оси второй ножки в соответствии с рисунком 9.1а, далее второй ножкой привести пузырек в центр круглого уровня в соответствии с рисунком 9.1б. При необходимости повторить данное действие несколько раз. На завершающем этапе можно выполнить более точную подстройку круглого уровня при помощи винтов трегера;

ж) после выведения пузырька круглого уровня в центр еще раз проверить центрировку штатива и при необходимости повторить действия приведенные в перечислениях д)–ж) 9.3.1.2.



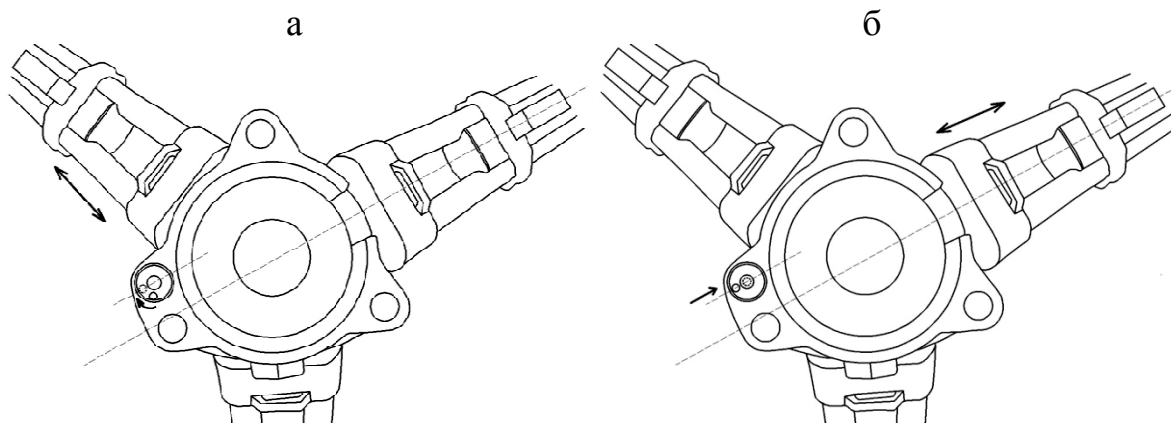


Рисунок 9.1 – Схема приведения штатива в горизонтальное положение

9.3.1.3 После выполнения 9.3.1.2 прикрутить адаптер трегера к спутниковой антенне, соединенной с приемником, и установить адаптер трегера на трегер.

9.3.1.4 Рекомендуется ориентировать антенны по компасу единообразно, например на север. Для этого на антенне имеется специальная риска.

### 9.3.2 Измерение высоты антенны

9.3.2.1 Когда спутниковый приемник отслеживает спутники, выполняя кодовые и фазовые измерения, реальные точки в пространстве, между которыми производятся эти измерения, – это фазовые центры антенны спутника и антенны приёмника. При обработке непосредственно спутниковых измерений получают геодезическую высоту не центра репера, над которым была установлена антенна, а именно высоту её фазового центра. Поэтому возникает задача передать высоту от фазового центра непосредственно на центр репера. Поскольку фазовый центр находится внутри антенны и высоту напрямую от центра репера до него невозможно измерить, то измерения производят до некоторой части антенны, от которой эта высота уже программно приводится к центру репера, в соответствии с геометрией антенны, приведенной в 6.1.4.8).

9.3.2.2 Существуют два способа измерения высоты спутниковой антенны. Первый способ применяют, когда антенна находится на штативе,

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

как показано на рисунке 9.2. При этом измеряют расстояние под наклоном (slant height) от центра репера до угла антенны или специального маркера (survey point). Расположение маркера указывается производителем.

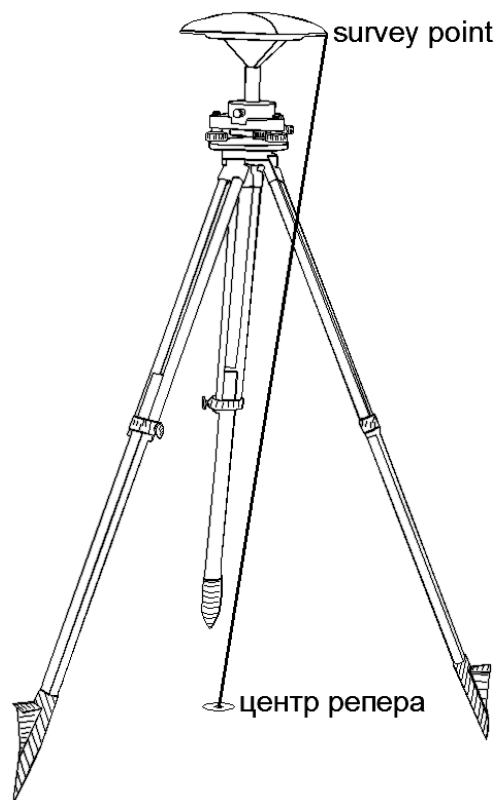


Рисунок 9.2 – Способ наклонного измерения высоты

9.3.2.3 Во втором способе измеряют вертикальное расстояние (vertical height) от центра репера до нижней плоскости антенны (antenna reference point). Такое измерение высоты используют в случае, когда есть возможность принудительного центрирования антенны, например на спутниковых пунктах сети ВГС.

9.3.2.4 Пункт с устройством для принудительного центрирования позволяет не только облегчить установку спутниковой аппаратуры, но и обеспечить надежность установки спутниковой антенны и, как следствие, получения более точных и надежных результатов измерений. Однако при таком варианте установки спутниковой аппаратуры могут возникнуть трудности с измерением высоты антенны.

На рисунке 9.3 показана иллюстрация пункта с устройством для принудительного центрирования и способ измерения в этом случае высоты антенны. В соответствии с 9.3.2.3 требуется измерить вертикальное расстояние от центра репера до нижней плоскости антенны (antenna reference point). Данные точки видны на рисунке 9.3а, однако при установке спутниковой антенны, центр репера оказывается внутри трегера, и измерить напрямую высоту не представляется возможным (рисунок 9.3б). В данном случае необходимо вычислить высоту антенны оперируя дополнительными измерениями.

Необходимо предварительно измерить высоту центра репера над основанием тура А, в соответствии с рисунком 9.3а, а затем вычесть её из вертикального расстояния С, измеренного после установки антенны от точки survey point до основания того же тура в соответствии с рисунком 9.3б. Из полученной величины также потребуется вычесть расстояние В от survey point до нижней плоскости антенны в соответствии с рисунком 9.3б. Расстояние В можно либо измерить, либо узнать у производителя спутниковой антенны, как параметр её геометрии. В результате вычислений будет получена требуемая высота антенны.

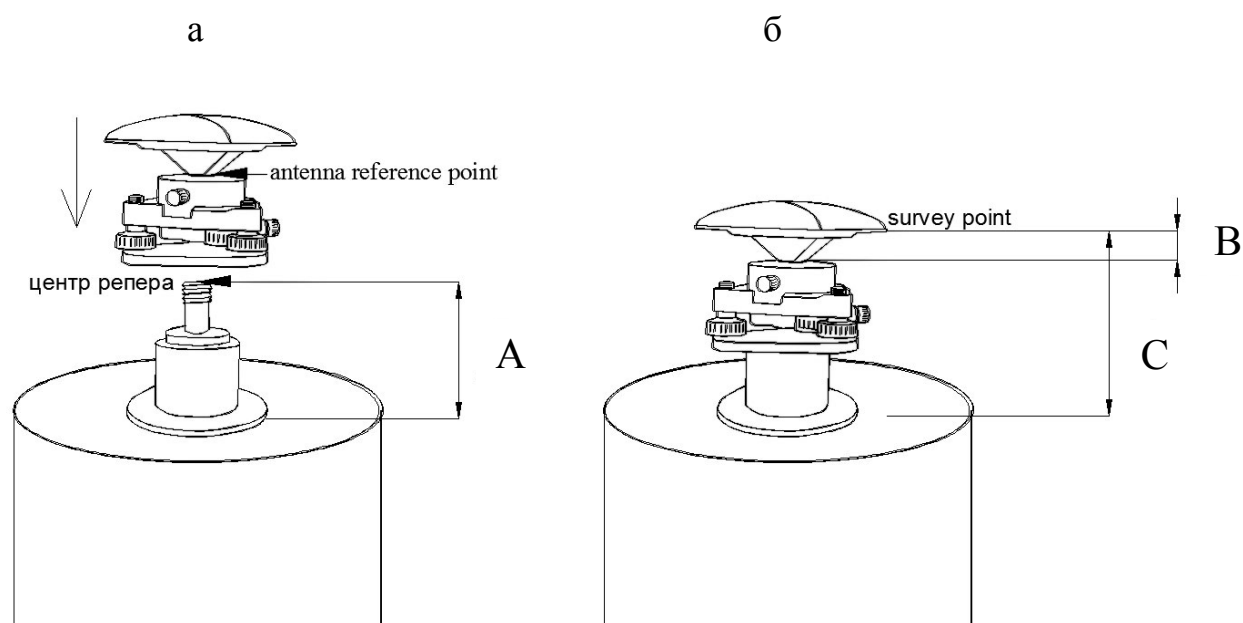


Рисунок 9.3 – Способ вертикального измерения высоты

9.3.2.5 При использовании параметров геометрии антенны, в соответствии с 6.1.4.8, можно рассчитать вертикальное расстояние от центра пункта, до фазового центра антенны. Данная высота называется true vertical и используется в различном программном обеспечении при обработке спутниковых наблюдений.

9.3.2.6 При использовании первого или второго способа определения высоты антенны требуется несколько раз проводить измерения высот антенны до включения спутникового приемника и после его выключения.

9.3.2.7 Расхождения в измеренных высотах до включения спутникового приемника не должно превышать 3 мм. В противном случае требуется еще раз тщательно привести трегер в горизонтальное положение и повторить измерение высоты.

9.3.2.8 Результаты измерения высот необходимо заносить в журнал спутниковых наблюдений, приведенный в приложение Е.

### **9.3.3 Включение спутникового приемника и сбор данных**

9.3.3.1 После установки спутниковой антенны над центром репера необходимо, следуя указаниям руководства пользователя конкретного производителя, включить спутниковый приемник. После включения требуется подождать несколько минут, пока приемник выполнит инициализацию, то есть начнет принимать сигналы от минимально необходимого количества спутников и подтвердит благоприятные условия для спутниковых наблюдений (допустимый уровень PDOP), при этом световой индикатор на приемнике должен перейти в режим готовности, в соответствии с руководством пользователя.

9.3.3.2 После выполнения инициализации необходимо включить режим регистрации данных (режим записи) и провести прием спутниковых наблюдений в течение времени, указанного в рабочей программе полевых работ. В завершении наблюдений необходимо завершить режим регистрации данных, выключить приемник и упаковывать комплект спутниковой

аппаратуры в транспортировочные ящики во избежание механических повреждений или воздействия метеофакторов.

9.3.3.3 Сессия наблюдений начинается тогда, когда последний из участвующих в наблюдениях приемников включился в работу, то есть начал сбор информации. Сессия заканчивается тогда, когда первый из приемников прекратил сбор информации.

9.3.3.4 При включении и выключении спутникового приемника должен быть заполнен журнал спутниковых наблюдений в соответствии с приложением Е, включающий необходимую информацию о сеансе измерений. Требуется также отражать в журнале спутниковых наблюдений сбои в работе спутникового приёмника: потери связи, недостаточное количество видимых спутников, нештатную ситуацию и т.п., а также указывать время, когда это произошло.

9.3.3.5 Если при работе спутникового приемника наблюдается серьезный сбой, необходимо уведомить об этом руководителя работ для корректировки рабочей программы наблюдений и принятия иных мер, направленных на успешную реализацию проекта спутниковой сети.

9.3.3.6 При работе спутниковой аппаратуры нельзя допускать образование снежного покрова на поверхности спутниковой антенны и её обледенения. Не допускается также накрывать чем-либо спутниковую антенну. Во избежание попадания молнии в приемник не допускается производство спутниковых наблюдений в грозу.

9.3.3.7 После каждого рабочего дня, во избежание потери сделанных измерений и переполнении памяти спутникового приёмника, необходимо, при использовании программы загрузки или выгрузки спутниковых измерений, переносить файл «сырых данных» в компьютер и дополнительно создавать копию на носителе информации (картах памяти, USB, компакт-дисках).

9.3.3.8 В заключение работ на объекте следует выполнить вычислительную обработку данных наблюдений спутников.

## **10 Обработка результатов спутниковых наблюдений**

### **10.1 Создание проекта и управление данными**

10.1.1 Обработка спутниковых измерений выполняется в специализированном программном обеспечении, примеры которого указаны в 6.4.7. При работе с программой определенного производителя требуется уточнять особенности пользовательского интерфейса в руководстве пользователя к данному программному обеспечению.

10.1.2 После запуска программного обеспечения необходимо создать проект, в котором будут отображаться импортированные данные, и производиться дальнейшая обработка спутниковых измерений.

При создании проекта потребуется указать определенные параметры и настройки:

- название проекта и расположение его файлов на жестком диске ПК;
- наименование учреждения;
- фамилию, инициалы и должности сотрудников, выполняющих полевые и камеральные работы;
- систему координат и высот;
- модель геоида;
- единицы измерения.

Всегда остается возможность редактирования настроек проекта на всем протяжении работы.

10.1.3 После того как проект создан, необходимо импортировать в него необработанные файлы со спутниковыми наблюдениями, в том числе файлы исходных пунктов (постоянно действующих станций). Также при необходимости в проект импортируются файлы уточненных спутниковых эфемерид.

В современном программном обеспечении предусмотрена возможность получение файлов исходных пунктов и эфемерид сразу через интернет.

10.1.4 Импортированные файлы со спутниковыми наблюдениями удобно просмотреть и проанализировать в графическом формате на хронологическом графике, на котором файлы измерений представлены в виде временных отрезков, разбитых по сессиям. По «временной шкале» можно убедиться, что спутниковые сессии выполнены в соответствии с программой наблюдений и наблюдения на различных пунктах пересекаются по времени с требуемым интервалом.

На хронологическом графике могут быть также отражены наблюдаемые спутники по каждой сессии. Здесь можно посмотреть, для различных пунктов одновременно наблюдаемые спутники, и убедиться, что их количество соответствует минимальным требованиям.

10.1.5 Для файлов, которые были импортированы, необходимо, используя полевой журнал спутниковых наблюдений, указать или проверить следующую информацию:

- название пункта (репера);
- тип спутникового приемника;
- тип спутниковой антенны (некоторые программы обработки позволяют просмотреть параметры спутниковой антенны определенного типа и выполнить при необходимости редактирование данных параметров);
- высоту спутниковой антенны и метод её измерения.

Также при необходимости можно просмотреть период наблюдения, полученные навигационные координаты и прочую информацию.

10.1.6 Если требуется, то для различных файлов измерений, полученных в разных сессиях, необходимо указать принадлежность к одному пункту.

10.1.7 При необходимости можно вывести отчет об импорте файлов.

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

10.1.8 Файлы спутниковых измерений должны быть переведены в формат RINEX и заархивированы в папке с названием объекта и указанием текущего года. Также необходимо поместить в эту папку файл содержащий:

- названия пунктов, их условные обозначения и соответствующие им названия файлов измерений;

- тип и серийные номера основных компонентов спутниковой аппаратуры (антенны, приемника и т.д.);

- высоты антенн и метод их измерения;

- дата и время выполнения измерений.

Эти данные могут понадобиться в последующие годы для включения сделанных измерений в другой проект.

### **10.2 Предварительная обработка и расчет базовых линий**

10.2.1 После импорта файлов и настройки входных характеристик для спутниковых измерений выполняется расчет базовых линий. В процессе расчета базовых линий программа обрабатывает парные по времени спутниковые наблюдения и создает вектор. Результаты обработки (решения) базовых линий являются входными данными для выполнения уравнивания.

10.2.2 В процессе обработки рассчитывается длина базовых линий.

10.2.3 Тип решения может быть фиксированным или плавающим.

10.2.4 На коротких базовых линиях должно быть обязательно получено фиксированное решение. Фиксированное решение означает, что в результате разрешения многозначности получено целое число длин волн несущих колебаний, содержащихся во вторых разностях фазовых измерений.

10.2.5 Плавающее же решение означает, что вторые разности содержат число длин волн несущих колебаний, отличающееся от целого [3].

10.2.6 Обработка длинных базовых линий осуществляется иначе, нежели обработка коротких базовых линий. Поэтому будут получены



плавающие решения. При этом качество обработки необходимо оценивать по значениям СКП.

10.2.7 Точность обработки базовых линий определяется по СКП длины полученного вектора. При этом точность обработки отдельных базовых линий может оказаться завышенной, и будет скорректирована до реальной точности при выполнении уравнивания. К СКП одного измерения очень близка ошибка RMS, которая часто используется для оценки точности в программных продуктах различных производителей.

10.2.8 Необходимо использовать статистику векторов, сводку слежения и диаграммы невязок для оценки качества измерений и выявления причин неудовлетворительных результатов обработки.

10.2.9 Современные программы, как правило, самостоятельно определяют оптимальный вариант обработки базовых линий. Однако при необходимости можно установить особые параметры обработки, с которыми возможно будет улучшение решений базовых линий. Необходимость этого возникает при слабых статистических оценках в решении.

10.2.10 Особое внимание следует обратить на плавающие решения на коротких и средних базовых линиях. Главной причиной, которая приводит к неудовлетворительному результату обработки, является повышенный уровень ошибок (шумов) в измерениях, в некоторой части исходных данных или неудачной геометрией спутников (большие значения DOP).

10.2.11 Для повышения качества обработки базовых линий, в работе [2], приводятся следующие меры:

а) удаление из обработки спутников с короткими дугами. Эти спутники, только что вошедшие в зону видимости или уходящие из нее, имеют высоту, близкую к углу отсечки, и результаты их измерений в наибольшей степени подвержены возмущениям атмосферы. Однако стоит проверить, не приведет ли удаление спутника из обработки к фатальному изменению геометрических факторов;

б) увеличение угла отсечки по высоте. Эта мера аналогична

## **РД 52.10.\_\_\_\_–201\_**

предыдущей, но касается удаления наиболее шумной части данных у всех спутников, имеющих низкое отношение «сигнал/шум». Однако нужно иметь в виду, что удаление части наблюдений, пусть даже более шумных, приводит к ухудшению обусловленности системы уравнений и может приводить к еще более неудачным результатам. Подобным образом, уменьшение угла отсечки по высоте и, следовательно, некоторое увеличение объема измерений, может улучшить качество решения. Поэтому полезно иметь некоторый резерв по высоте, скажем, наблюдать с углом отсечки  $10^\circ$ , а обработку делать с углом  $15^\circ$ . В случае необходимости можно попытаться делать обработку и на  $20^\circ$ , и на  $10^\circ$ ;

в) удаление из обработки спутников с большим количеством потерь (срывов) циклов. Потери циклов чаще всего происходят из-за каких-либо препятствий, например, в результате чего возникает многопутность;

г) сделать обработку, назначив другой опорный спутник, если это допускает программа;

д) выполнить обработку с точными априорными координатами начала базовой линии. Иногда это помогает при большом числе потерь счета циклов;

е) обработка по другой программе. Для этого потребуется преобразование файла наблюдений в RINEX формат. Известно, что в программах разных фирм заложены различные приемы разрешения неоднозначностей, и нередко бывает, что по одной программе получается плавающее решение, а по другой выводится фиксированное решение с удовлетворительными характеристиками;

### **10.3 Уравнивание**

#### **10.3.1 Этапы уравнивания**

10.3.1.1 Главная цель уравнивания – представление результатов в необходимой системе координат и высот с оценкой точности. При

уравнивании также исключаются грубые ошибки, например, ошибки при измерении высоты антенны.

10.3.1.2 Различают свободное, минимально ограниченное и ограниченное (несвободное) уравнивание.

10.3.1.3 Свободное уравнивание выполняется в качестве первого этапа оценки качества обрабатываемой сети. Свободное уравнивание также автоматически выполняется при всех типах уравнивания с ограничениями.

Свободное уравнивание производится без указания исходных пунктов, и все пункты сети считаются неизвестными. При свободном уравнивании погрешности координат исходных пунктов не оказывают влияния на результат. Все невязки при свободном уравнивании зависят только от условий замыкания геометрических фигур. Если в сети отсутствуют замкнутые фигуры, то данный тип уравнивания пропускается.

Координаты пунктов спутниковой сети, полученные из свободного уравнивания, являются условными.

10.3.1.4 При фиксировании координат одного исходного пункта выполняется минимально ограниченное уравнивание. Для достижения значимого контроля спутниковая сеть не должна содержать незамкнутых геометрических фигур. Результаты свободного минимально ограниченного уравнивания отражают внутреннюю точность сети, не деформированной ошибками исходных пунктов, при этом результат уравнивания становится близок к ограниченному уравниванию.

10.3.1.5 На заключительном этапе обработки спутниковых измерений производится ограниченное уравнивание. Ограниченное уравнивание выполняется с использованием всех имеющихся исходных пунктов, в соответствии с рабочим проектом. Погрешности координат и высот исходных пунктов входят в оценку качества полученной спутниковой сети и в погрешности определяемых спутниковых пунктов.

10.3.1.6 Для выполнения минимально ограниченного и ограниченного уравнивания необходимо создать в проекте каталог исходных пунктов,

## **РД 52.10.\_\_\_\_-201\_**

включающий названия пунктов, их координаты и высоты в системе WGS-84 и высоты в БС77 (если данные пункты включены в сеть в соответствии рабочим проектом). Далее необходимо «привязать» пункты из данного списка к соответствующим исходным пунктам спутниковой сети.

10.3.1.7 Для выполнения минимально ограниченного и ограниченного уравнивания, если это предусмотрено рабочим проектом, необходимо подгрузить в программу обработки модель геоида (квазигеоида).

10.3.1.8 В некоторых программах существует возможность выбрать эпоху, на которую будут пересчитаны координаты WGS-84 от эпохи каталога (например, 2000 или 2005).

### **10.3.2 Параметры обработки и уравнивания**

10.3.2.1 Перед выполнением уравнивания необходимо установить ряд параметров, в соответствии с которыми будет производиться данное уравнивание, и осуществляться контроль качества спутниковой сети.

10.3.2.2 Одним из параметров уравнивания спутниковой сети является доверительный интервал. Чем ниже значение доверительного интервала, тем более жесткие критерии оценки качества сети и отбраковки измерений. В большинстве случаев по умолчанию используется доверительный интервал равный 95 %. Доверительный интервал 99 % - устанавливает наиболее свободный допуск, 68 % наиболее жесткий.

### **10.3.3 Оценка точности**

10.3.3.1 Основными критериями контроля при уравнивании спутниковой сети являются:

- оценка точности по внутренней сходимости результатов обработки;
- сходимость результатов по замкнутым построениям в сети;
- СКП или RMS полученных координат пунктов, длин векторов, превышений и разности координат;
- сходимость с ранее выполненными измерениями и контрольными расстояниями между известными пунктами.

10.3.3.2 В соответствии с ГКИНП 01-271 для двухчастотных измерений за время наблюдений от 1 до 3 ч, при любых расстояниях, СКП определения каждой из плановых координат  $m$ , мм составляет значение, рассчитанное по формуле

$$m = \pm(5 + 5 \times 10^{-7}D), \quad (3)$$

где  $D$  – длина вектора спутниковой сети,  $m$ .

Для определения разностей высот принимается значение ошибки в 1,5 раза больше при расстояниях более 1 км и в 2 раза больше при расстояниях менее 1 км.

Допуски устанавливаются исходя из допуска на разность двойных измерений по правилу

$$\Delta_{\text{доп}} = k \cdot m \cdot \sqrt{2} \quad (4)$$

для парных измерений и

$$\Delta_{\text{доп}} = k \cdot m \quad (5)$$

для отклонения от средних значений при числе определений базовой линии больше 2. Здесь значение  $k$  устанавливается равным 2,0, что соответствует доверительной вероятности около 95 %. Примерно в 5 % случаев допускается величины расхождений, соответствующие значениям  $k$  больше 2,0.

10.3.3.3 В общем случае, СКП определение координат и высот пунктов не должно превышать установленных требований точности. Для реперов уровенных станций и постов 1–3 см, реперов метеорологических станций 0,1 м.

10.3.3.4 Полезную информацию о погрешностях дает апостериорная ковариационная матрица (кофакторная матрица).

10.3.3.5 При свободном уравнивании невязки в замкнутых фигурах должны быть равны нулю. Существенное отклонение от этого условия свидетельствует о наличии грубых ошибок.

10.3.4 В коммерческих программных продуктах оценка качества в сети для удобства пользователя также представляется в виде эллипсов ошибок. Кроме этого после обработки базовых линий автоматически в

графическом виде указываются отбракованные вектора, например, выделяются красным цветом.

## 10.4 Создание отчетов спутниковых измерений

10.4.1 В завершении обработки спутниковых измерений необходимо составить ряд отчетов. Отчеты должны быть созданы таким образом, чтобы, во-первых, задокументировать результаты спутниковых измерений, а во-вторых, позволить другим специалистам восстановить все вычисления.

10.4.2 Необходимо, используя возможности программного обеспечения, составить следующие отчеты:

а) отчет о выполненных измерениях и исходных данных, по каждому файлу спутниковых наблюдений, включающий:

- дату и время начала накопления спутниковых данных;
- интервал записи;
- количество накопленных эпох;
- среднее значение наблюдаемых спутников;
- среднее значение PDOP;
- тип и серийный номер спутникового приемника;
- тип и серийный номер спутниковой антенны;
- высоту антенны и способ её измерения;
- хронологический график измерений;

б) отчет обработки базовых линий:

- имя начальной и конечной точки;
- общее время совместных наблюдений;
- вид и тип решения;
- использовавшиеся спутниковые системы (ГЛОНАСС, GPS и др.);
- СКП или RMS основных характеристик вектора;
- *длину вектора и СКП (RMS) длины вектора в мм;*

в) отчет с параметрами обработки и уравнивания:

г) отчет об уравнивании, включающий:

- каталог координат и высот исходных пунктов;
- каталог координат определяемых пунктов в системе WGS-84 с оценкой точности;

- каталог пересчитанных высот в БС77 (если требуется);

д) схема спутниковой сети.

10.4.3 При необходимости, кроме отчетов можно составить пояснительную записку, в которой требуется описать встреченные проблемы, поломки оборудования, повышенную солнечную радиацию и другие особые случаи и факторы, встретившиеся при съемке и обработке, а также замечания, касающиеся проведения наблюдений и обработки, которые могут оказаться полезными в процессе анализа результатов и составления каталога.

10.4.4 Сформированные отчеты должны войти в состав окончательного отчета по выполненным работам.

## **11 Составление окончательного отчета и каталога координат и высот реперов**

11.1.1 При составлении окончательного отчета и его выпуске следует учитывать требования секретности указанные в письме ГТК РФ от 11.08.1997 года N 01-15/15278 «О контроле за перемещением картографических, топографических, аэрокосмических, геодезических и гравиметрических материалов».

Сведения о местонахождении (координаты) геодезических пунктов и географических объектов, определенные с точностью 30 м и точнее в государственной системе координат 1942 года и с точностью более одной секунды в геоцентрических системах координат, а также геодезические, картографические и другие материалы, позволяющие вычислить или уточнить эти координаты – являются секретными.

## РД 52.10.\_\_\_\_-201\_

Схемы (картограммы), отображающие сводные данные геодезической, топографической, картографической, гравиметрической и аэрофотосъемочной изученности на участки местности, превышающие территорию одного административного района или подобной ему административно-территориальной единицы субъекта Российской Федерации, или превышающие по площади один номенклатурный лист топографической карты масштаба 1:200000 также являются секретными.

11.1.2 По окончании работ необходимо составить отчет, включающий в себя:

- титульный лист;
- список исполнителей;
- нормативные ссылки;
- пояснительную записку;
- сведения об исходных пунктах и реперах и ранее выполненных геодезических работах;
- результаты обследования и восстановления реперов;
- сведения о закладке реперов;
- схему спутниковой сети;
- отчеты об обработке спутниковых измерений в соответствии с 10.4.2;
- схемы и ведомости нивелирования реперов и уровнемерных устройств, с расчетам их приводок;
- каталог координат и высот реперов;
- карточки обследования и закладки реперов;
- полевые журналы спутниковых измерений;
- журналы нивелирования;
- карточки обследования и закладки;
- копии свидетельств о метрологической поверке геодезического оборудования.

11.1.3 Пояснительная записка должна включать:



- основание для выполнения работ;
- цель выполнения спутниковых измерений;
- период выполнения работ;
- данные об оборудовании и программном обеспечении, использованном в работе;
- дополнительная информация, позволяющая определить обстоятельства и особенности проведенных работ.

11.1.4 Каталог координат и высот реперов представляется в табличной форме, со следующими столбцами:

- название станции или поста;
- номер, тип репера и год закладки;
- описание местоположение репера;
- координаты в системе WGS-84;
- высота в системе WGS-84;
- высота в системе БС77.

11.1.5 При составлении каталога координат и высот необходимо давать разъяснения, каким образом получена высота репера в БС77: выписана из каталога координат и высот, получена из геометрического нивелирования или рассчитана с использованием ГНСС и модели геоида (квазигеоида).

11.1.6 Отчет о выполненных работах необходимо создавать в двух экземплярах. Один экземпляр отчета необходимо передавать в электронном виде в ФГБУ «ГОИН».

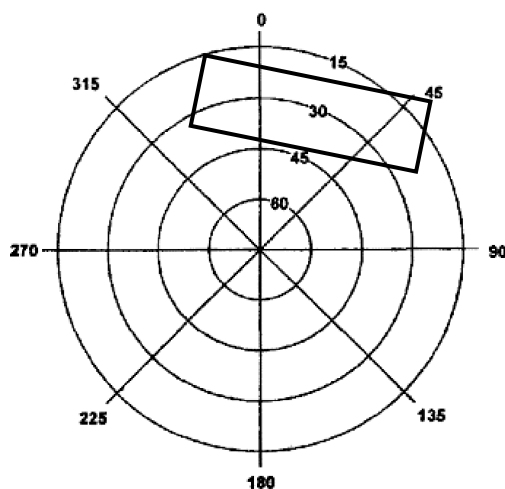
## Приложение А (обязательное)

Приложение А (обязательное) Форма и пример заполнения абриса возвышающихся препятствий

### Форма и пример заполнения абриса возвышающихся препятствий

#### Абрис возвышающихся препятствий

Пункт \_\_\_\_\_ ск.рп. б/н \_\_\_\_\_ Объект \_\_\_\_\_ Сочи \_\_\_\_\_



Дата 05.10.2015

**В** 43 ° 35 '  
**L** 39 ° 42 '  
**H** 2,5 м

#### Заключение о пригодности пункта для спутниковых наблюдений

Пункт пригоден для спутниковых измерений

**Таблица азимутов и углов наклона на возвышающиеся препятствия**

№ п/п	Азимут	Угол наклона	Примечание
1	50°	38°	Угол наклона измерен эклиметром
2	337°	32°	Угол наклона измерен эклиметром
3			

Составил Зав. лаб. ГОИН

\_\_\_\_\_  
должность

Л.В.Остроумов

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

## Приложение Б (обязательное)

Приложение Б (обязательное) Форма и пример составления списка обследованных, найденных и утраченных реперов

### Форма и пример составления списка обследованных, найденных и утраченных реперов

#### Б.1 Список обследованных и восстановленных реперов

№ п/п	Номер пункта, тип знака, тип центра, год выполнения работ, краткие сведения о местоположении пункта	Результат обследования	Результаты восстановления
1	б/н, гр.рп., тип 143 (1969, 1970 гг.), ул. Черняховского, дом № 13	Центр в сохранности, марка покрыта ржавчиной	Марка очищена от ржавчины, нанесено антикоррозийное покрытие. Опознавательный столб покрашен
2	1, гр.рп., тип Б (1962 - 1965 гг.), пос. Гавриловка, ул. Кооперативная, у дома № 62	Центр сохранности, марка покрыта ржавчиной. Внешнее оформление отсутствует	Марка очищена от ржавчины, нанесено антикоррозийное покрытие

#### Б.2 Список найденных реперов

№ п/п	Номер пункта, тип знака, тип центра, год выполнения работ, краткие сведения о местоположении пункта	Причина, по которой пункт считается найденным
1	7, гр.рп., тип 71 (1970, 1971 гг.), не найден, с. Кудьма, в 0,65 км к юго-зап. от здания очистных сооружений	Завален бетонными плитами и строительным мусором, временно недоступен; к наблюдениям не пригоден
2	7889, гр. рп., тип 160 (1972 - 1973 гг.) не найден, с. Ржавка, в 0,5 км к юго-зап. от него	Запахан

#### Б.3 Список утраченных реперов

№ п/п	Номер пункта, тип знака, тип центра, год выполнения работ, краткие сведения о местоположении пункта	Причина, по которой пункт считается найденным
1	2, гр.рп., тип 66 (1963 - 1966 гг.), утрачен, ул. Лесная, у дома 5	При строительных работах
2	1519, гр. рп., тип 121 (1958 г.), утрачен, с. Ольгино, в 0,2 км к югу от него	При прокладке коммуникаций

Составил Зав. лаб. ГОИН

Л.В.Остроумов

\_\_\_\_\_

должность

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

## Приложение В (обязательное)

Приложение В (обязательное) Форма и пример заполнения карточки обследования и закладки пункта

### Форма и пример заполнения карточки обследования и закладки пункта

#### КАРТОЧКА ОБСЛЕДОВАНИЯ И ЗАКЛАДКИ ПУНКТА

-	-	<b>Основной репер Гр. рп. б/н</b>	-	-	<b>Преображенка р. Луга</b>
номер по каталогу	тип знака	название пункта и № марки	класс	разряд	расположение репера
-	<b>ЗАО «ЛАНИТ»</b>		<b>2014</b>		<b>Грунтовый репер</b>
трапеция 1:100 000	кем заложен		год закладки		тип центра
<b>Результаты обследования</b>					
<b>Координаты в системе WGS – 84: В = 59°38'29.7"N, L = 28°11'30.9"E</b>					
<b>Высота в БС77: Н = +3,905м</b>					
1	Тип и состояние наружного знака		отсутствует		
2	Состояние центра		хорошее		
3	Внешнее оформление пункта		металлическая оградка		
4	Какие пункты или предметы видны с земли		рабочий репер (ст.марка б/н)		
5	Сдача пунктов на сохранность				
<b>Описание местоположения и абрис пункта (репера)</b>					
<b>Описание</b>	<b>Абрис</b>			<b>репер</b>	
Ленинградская область, гидрологический пост на реке Луга в Преображенке, в 11,40 м к северо-западу от северо-западного угла будки наблюдателя, в 3,38 м к востоку от деревянного столба ЛЭП, в 8,25 м к юго-востоку от центра грунтовой дороги, в 8,26 м к юго-западу от створа свай.				 	

Обследовал и составил:

Проверил:

Л. В. Остроумов








В.З. Остроумов

## Приложение Г (обязательное)

Приложение Г (обязательное) Условные знаки для оформления схем проектируемой спутниковой сети и нивелирования

### Условные знаки для оформления схем проектируемой спутниковой сети и нивелирования

Условный знак	Название условного знака
	Вектор спутниковой сети (базовая линия)
	Линия нивелирования I класса
	Линия нивелирования II класса
	Линия нивелирования III класса
	Линия нивелирования IV класса
	Астрономический пункт
	Пункт спутниковой сети
	Определяемый пункт спутниковой сети
	Пункт триангуляции
	Геознак на здании
	Фундаментальный репер
	Пункт полигонометрии глубокого заложения
	Пункт полигонометрии мелкого заложения
	Стенной репер и стенной пункт полигонометрии
	Стенная марка, ск.марка
	Грунтовый репер
	Временный геодезический пункт (временный репер)
	Нуль барометра
	Водомерный пост

Условный знак	Название условного знака
        	<p data-bbox="630 264 1233 331">Признак совмещенности пунктов, старых сетей и новых</p> <p data-bbox="630 342 1233 409">Пункт СГС совмещенный с пунктом триангуляции и полигонометрии</p> <p data-bbox="630 432 1042 465">Признак ненайденного пункта</p> <p data-bbox="630 488 1106 521">Признак несохранившегося пункта</p> <p data-bbox="630 645 1121 678">Ненайденные геодезические пункты</p> <p data-bbox="630 880 1169 913">Несохранившиеся на местности пункты</p>

## Приложение Д (обязательное)

Приложение Д (обязательное) Форма и пример заполнения рабочей программы спутниковых работ

### Форма и пример заполнения рабочей программы спутниковых работ

#### Рабочая программа спутниковых работ

**Объект** Черное море, морские станции и посты г. Анапа, г. Геленджик, г. Туапсе, г. Сочи.

**Аппаратура** \_\_\_\_\_

1. Спутниковой приемник Javad Maxor №1111, антенна Javad Marant+ №2939, контроллер VICTOR №2655

2. Спутниковой приемник Javad Maxor №1243, антенна Javad Marant+ №2945, контроллер VICTOR №4578

**Программное обеспечение для ЭВМ** Pinnacle 1.0, GEODIS 2.0

**Метод спутниковых измерений** статика

**Дискретность измерений** 30 с

**Маска** 15°

#### Порядок производства спутниковых измерений на пунктах

Номер сеанса	Условные номера приемников/названия пунктов наблюдения и обозначения реперов	Дата и интервалы времени наблюдения	
		Начало	Конец
1	1/ Сочи, ск.рп. б/н 2/ Туапсе, гр.рп.0602 -/Станция IGS Зеленчукская (исходный пункт) -/ФАГС Краснодар (исходный пункт)	15.10.15 10:00	15.10.15 19:00
2	2/ Туапсе, гр.рп.0602 1/ Геленджик, гр.рп. б/н -/ФАГС Краснодар (исходный пункт)	16.10.15 10:00	16.10.15 19:00
3	1/ Геленджик, гр.рп. б/н 2/ Новороссийск, ск.рп. б/н -/ФАГС Краснодар (исходный пункт)	17.10.15 10:00	17.10.15 19:00
4	2/ Новороссийск, ск.рп. б/н 1/ Анапа, гр.рп. б/н (исходный пункт) -/ФАГС Краснодар (исходный пункт)	18.10.15 10:00	18.10.15 19:00

## Приложение Е (обязательное)

Приложение Е (обязательное) Форма и пример заполнения журнала спутниковых наблюдений

### Форма и пример заполнения журнала спутниковых наблюдений

#### Е.1 Первая страница

#### Журнал спутниковых наблюдений (заполнение всех граф журнала обязательно)

Название пункта ск.рп. б/н Обозначение (ID) SOCH Объект Сочи  
 Организация ФГБУ «ГОИИ» Наблюдатель Остроумов Л.В.

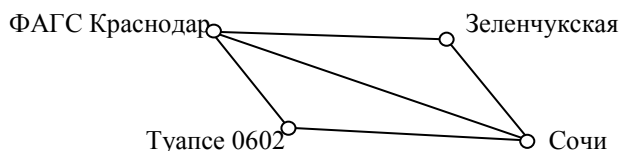
<b>Приближенные координаты</b>	Дата наблюдений <u>15.10.2015</u>
<b>B=</b> <u>43°33'53.7"N</u>	День от начала года <u>288</u>
<b>L=</b> <u>39°44'31.5"E</u>	№ сеансов <u>1</u>
<b>H=</b> <u>19 м</u>	
<b>Тип и номер приёмника</b> <u>Javad Maxor №1111</u>	<b>Тип и номер антенны</b> <u>Javad Marant+ 2939</u>

Тип и характеристика геодезического знака Туп 143  
 Тип и характеристика центра (марки) Скальный репер, состояние хорошее

#### Пункты, участвующие в сеансах

Названия пунктов ФАГС Краснодар,  
Зеленчукская, Туапсе 0602

#### Схема их расположения



Имена файлов наблюдений Soch15102015a.jvd

#### Время выполнения сеансов

№ Сеансов	Начало		Конец		Интервал (факт)
	План	Факт	План	Факт	
1	10:00	10:23	19:00	19:30	9 ч 07 м

#### Метеопараметры

Дискретность 30 с Давление (мм.рт.ст) \_\_\_\_\_  
 Маска 15° T° (сух.) \_\_\_\_\_  
 Тип измерений статика T° (влажн.) \_\_\_\_\_

#### Результаты привязки антенны (антенна-пункт)

S= \_\_\_\_\_ A= \_\_\_\_\_ DH= \_\_\_\_\_  
 DB= \_\_\_\_\_ DL= \_\_\_\_\_ DH= \_\_\_\_\_

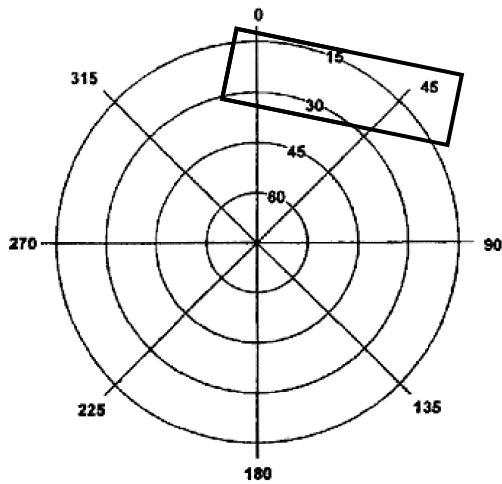
Общие комментарии к измерениям на пункте \_\_\_\_\_

Материалы измерений находятся в ФГБУ «ГОИИ»



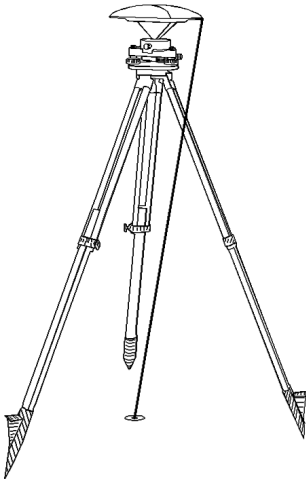
## Е.2 Вторая страница

Абрис возвышающихся препятствий

Схема расположения антенны  
относительно центра,  
штатива столба и др.

Условия наблюдения на пункте К северу от пункта наблюдений расположено  
(наличие препятствий, линий электропередач, радиолокационных станций и др.)

трех этажное здание

Схема измерения высоты  
антенны

Измерение высоты антенны

№№ Сеансы	До вкл. приемника	После выкл. приемника
	1,439 м	1,438 м
	1,441 м	1,441 м
	1,441 м	1,440 м
<b>среднее</b>	1,140 м	1,440 м
<b>среднее</b>		
<b>среднее</b>		

Нестандартная  
схема  
измерений

Окончательное значение высоты 1,440 м

Наклонная, вертикальная до специальной метки на антенне  
(ненужное зачеркнуть)

Вычисление высоты по нестандартной схеме

Составил Зав. лаб. ГОИН

Л.В.Остроумов

должность

подпись

инициалы, фамилия

## Библиография

- [1] Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: в 2 т. Т. 1. - М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 334 с.
- [2] Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: в 2 т. Т. 2. - М. ФГУП «Картгеоцентр», 2006. – 360 с.
- [3] Шануров Г.А., Мельников С.Р. Геотроника. Наземные и спутниковые радиоэлектронные средства и методы выполнения геодезических работ. - М.: МИИГАиК, 2001. – 136 с.
- [4] Яковлев Н. В. Высшая геодезия: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1989. – 445 с.
- [5] Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях и постах. Часть 1. Гидрологические наблюдения на береговых станциях и постах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984: – 312 с.
- [6] Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Гидрометеорологические наблюдения и работы на больших и средних реках. Часть 1 – Л.: Гидрометеоиздат, 1978: – 348 с.

Ключевые слова: Глобальная навигационная спутниковая система, спутниковый приемник, высотная привязка, репер, высота, координата, ГЛОНАСС, GPS

---

## Лист регистрации изменений

Номер измене- ния	Номер страницы				Номер документа (ОРН)	Подпись	Дата	
	изме- ненной	замене- нной	новой	аннули- рованной			внесения измене- ния	введения измене- ния