

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**  
**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ М. УЛУГБЕКА**

**Факультет: “СТРОИТЕЛЬСТВО ИНЖЕНЕРНЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ”**



# **ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

студента группы 403-Геодезия, картография и кадастр

**КАДИРОВА ТИМУРА ИСАКОВИЧА**

на тему: «Создание спутниковой государственных сетей  
сгущения в Навоинской области»

*Пояснительная записка \_\_\_\_\_ листов*

*Чертежи \_\_\_\_\_ листов*

Заведующий кафедрой:

доц. Журакулов Д.О.

Руководитель

дипломного проекта:

ст.преп. Мирзаев А.А.

САМАРКАНД - 2013 г.

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
ИНСТИТУТ ИМЕНИ М. УЛУГБЕКА

**Факультет: “СТРОИТЕЛЬСТВО ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ”**

Кафедра: “Геодезии, картографии и кадастра”

**З А Д А Н И Е**

**ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

**Кадиров Тимур Исакович**

---

(фамилия. имя. отчества студента)

Группа: **403-ГКК**

номер рейтинговой книжки: \_\_\_\_\_

**1. Тема дипломного проекта:**

**«Создание спутниковой государственной сети сгущения в Навоинской области»**

*Утверждена приказом по институту №246 -у от 29 декабря 2012 г.*

**2. Сбор материалов по теме, проведение анализа и обоснование ее актуальности:**

Данный дипломный проект изучает одно из направлений космической, а вернее спутниковой, геодезии – использование глобальных спутниковых радионавигационных систем (СРНС) для решения геодезических задач. Спутниковые приемники уже сегодня широко применяются во многих геодезических подразделениях Республики Узбекистан для обновления геодезических сетей, привязки аэрофотоснимков, топографических и кадастровых съемок и других видов работ.

**3. Геодезическая часть**

**а) Измерительные работы**

Спутниковое измерение выполнена методом «СТАТИКА». Статический метод считается "классическим" методом спутниковых измерений. Измерение выполняется одновременно между двумя и более неподвижными приёмниками продолжительный период времени. Статический метод применяется при выполнении высокоточных работ, при измерениях векторов более 15-20 км., а также при ограниченных окнах наблюдений с минимальным количеством спутников.

**б) Камерально-вычислительная часть**

Камерально-вычислительная работа выполнена с программой «Leica Geo Office» это программа выполняет текущие процессы: Геодезический контроль, съемка, инжиниринг, строительство, мониторинг деформации, GIS & картография, горная промышленность, позиционирование, контроль за машинами, навигация и гидрографическая съемка. Преимущества этой программы: контроль за сетью базовых GPS- станций на больших

территориях, высокая точность. Используется технология беспроводной связи Bluetooth для подключения других измерительных приборов.

#### **4. Охрана труда и окружающей среды**

Техника безопасности и охрана окружающей среды, общие правила, техника безопасности в полевых условиях, охрана окружающей среды условиях Узбекистана, рациональное использования природных ресурсов.

#### **5. Экономико - геодезическая часть**

Планово – производство выполненных работ. Структура затрат на производство топографо – геодезических работ, смета на производство геодезических, топографических и картографических работ, пояснение к расчетным сметам.

#### **6. Заключительная часть дипломной работы**

Работа выполненная на данном проекте, по своему содержанию и точности соответствуют требованиям нормативно-технических документов.

#### **7.Список использованной литературы**

1. И.А. Каримов Основные принципы общественно –политического и экономического развития Узбекистана. Ташкент 1995г.
2. Узбекский народ никогда и ни от кого не будет завесить. Ташкент 2005 г.
3. Государственная целевая Программа по использованию спутниковых навигационных систем GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) для топографо-геодезического и кадастрового обеспечения территории Республики Узбекистан – Ташкент: НЦГиК, 1999.
- 4.Руководящий технический материал по построению государственной спутниковой геодезической сети 1 класса с применением спутниковых навигационных систем. – Т.: Узгеодезкадастр, 1999.
- 5.Генике А. А., Побединский Г. Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999. С. 25.

#### **8. Список чертежей**

1. Сегменты системы GPS и теория ошибок
2. Создание геодезической основы для топо-геодезических работ.
3. Методы спутниковых измерений.
4. Программное обеспечение «Leica Geo Office».
5. Результат спутниковых наблюдений и

## КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

№	Разделы дипломной работы	Начало	Окончание	Консультанты	Подпись
1.	Сбор материалов по теме, проведение анализа и обоснование ее актуальности	11.03.13	30.03.13	Мирзаев А.А.	
2.	Геодезическая часть				
	а) Измерительные работы	01.04.13	04.05.13	Мирзаев А.А.	
	б) Камерально-вычислительная часть	06.05.13	04.05.13	Мирзаев А.А.	
3.	Охрана труда и окружающей среды	03.06.13	08.06.13	Мирзаев А.	
4.	Экономико-геодезическая часть	10.06.13	15.06.13	Салахитдинов А.А	
5.	Оформление дипломного проекта и направление на отзыв	17.06.13	22.06.13		
6.	Защита дипломного проекта	24.06.13	29.06.13		

Примечание:

- Чертежи по дипломному проекту рекомендуются составлять в количестве 5-6 листов на формате А2 (420x524мм), пояснительную записку в объеме 10000 – 15000 слов, на белой бумаге формата А4 (210x297мм).
- Каждое задание по окончанию подписывается консультантом и только после этого с разрешения заведующего кафедрой приступают к выполнению следующего.

Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.

Дата сдачи оконченной дипломной работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.

Заведующий кафедрой:

Журакулов Д.О.

Руководитель

дипломного проекта:

Мирзаев А.А.

Студент:

Кадиров Т.И.

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ М. УЛУГБЕКА**

**Факультет: “Строительство инженерных коммуникаций”**

**Кафедра: “Геодезии, картографии и кадастра”**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ**

Тема дипломного проекта «Создание спутниковой государственной сети  
сгущения в Наваинской области»

Дипломная работа содержит: Введение, Обзор системы GPS, Что такое GPS и зачем она, как работает, Определение координат спутника, Источники ошибок, Референц – станция, Местные системы координат, Картографические проекции и координаты на плоскости, Методики GPS измерений (статика, быстрая статика, кинематика), Программное обеспечение для обработки спутниковых измерений, Программное обеспечение «Leica LGO» и производство выполненных работ.

Выпускник, студент группы \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой: \_\_\_\_\_

Руководитель дипломного проекта: \_\_\_\_\_

Консультанты: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## *Оглавление*

<b>Введение</b> .....	
<b>Глава 1 Общая задача</b> .....	
1.1. Что такое GPS и зачем она .....	
1.1.1 Обзор системы GPS .....	
1.2.1. Как работает GPS.....	
1.2.2. Простая навигация.....	
1.2.3. Определение координат спутника. ....	
1.3 Источники ошибок. ....	
1.4 Референц - станция. ....	
1.5 Ровер. ....	
1.6 Дифференциальные фазовые GPS измерения и разрешение неоднозначности. ....	
1.7 Фаза несущей, C/A и P коды. ....	
1.8 Двойное вычисление разностей. ....	
1.9 Неоднозначность и Разрешение Неоднозначности.....	
<b>Глава 2 Создание геодезические обоснование с применением GPS приемников</b> .....	
2.1 Система координат GPS. ....	
2.2 Местные системы координат. ....	
2.3 Трансформация.....	
2.4 Картографические проекции и координаты на плоскости. ....	
2.5 Методики GPS измерений. ....	
2.5.1 Статика. ....	
2.5.2 Измерения быстрой статикой. ....	
2.5.3 Кинематические измерения. ....	
2.5.4 RTK измерения. ....	
2.6 Подготовка к измерениям. ....	
2.7 Программное обеспечение для обработки спутниковых измерений.....	
2.7.1 Общие принципы обработки спутниковых измерений.....	
2.7.2 Программное обеспечение «Leica LGO» .....	
<b>Глава 3. Техника безопасности и охрана окружающей среды</b> .....	
3.1 Техника безопасности в полевых условиях.....	
3.2 Охрана окружающей среды.....	
<b>Глава 4. Планово – производство выполненных работ</b> .....	
4.1 Планово – производство выполненных работ.....	
4.2 Структура затрат на производства топографо- геодезических затрат.....	
4.3 Смета выполненных работ.....	
4.4 Пояснительная к сметным расчетам.....	
<b>Заключение</b> .....	
<b>Литература</b> .....	

## **Введение.**

Современную геодезическую науку нельзя представить без современных электронных и автоматизированных геодезических приборов, которые широко используются при различных геодезических измерениях, решении большого спектра научных проблем в народном хозяйстве и обороне страны.

После обретения Республикой Узбекистан независимости, теория и практика геодезического производства получили достаточно высокий уровень развития, о чем свидетельствует применение и внедрение в народном хозяйстве и электронных геодезических приборов, современных технологий.

Анализ современного состояния геодезических работ, выполняемых с целью создания новой геодезической сети показывает, что при этом не используются современные методы и приборы геодезических измерений. Поэтому возникает необходимость в исследовании и разработке применения геодезических методов для выполнения выше-упомянутых работ. Применение современных геодезических методов и приборов при выполнении геодезических работ ускорит разработку проектов.

В Узбекистане осуществляется широкий спектр работ по сохранению архитектурного наследия прошлого. В то же время, отсутствие целенаправленной перспективной программы действий, недостаток специалистов и отсутствие совершенных методов получения необходимых размеров и чертежей, приводит к множеству проблем в процессе реставрации. В настоящее время за рубежом и у нас в стране имеются некоторые разработки по методике обследования и реставрации архитектурных памятников. Однако этот вопрос не рассмотрен в комплексе с геодезическим обеспечением обмерных работ.

Данная дипломная тема изучает одно из направлений космической, а вернее спутниковой, геодезии – использование глобальных спутниковых радионавигационных систем (СРНС) для решения геодезических задач. Это направление является наиболее распространенным и массовым в геодезическом производстве. Спутниковые приемники уже сегодня широко применяются во многих геодезических подразделениях Республики Узбекистан для обновления геодезических сетей, привязки аэрофотоснимков, топографических и кадастровых съемок и других видов работ.

## **Глава 1**

### **1.1. Что такое GPS и зачем она**

Лишь одно объединяет почти всех геодезистов – это то, что они не специалисты в GPS или квалифицированные геодезисты. Они используют GPS как инструмент, чтобы решить поставленную перед ними задачу. Поэтому, полезно получить некоторые основные сведения о том, что такое GPS и как она работает.

GPS – сокращение от NAVSTAR GPS, что является аббревиатурой от Глобальная НАвигационная Система для Определения местоположения по Времени И Дальности. GPS – это решение одной из самых давних и наиболее неприятных проблем человека. Она предоставляет ответ на вопрос, «В каком месте на планете Земля я нахожусь?». Можно вообразить, что на этот вопрос есть простой ответ. Вы можете легко определить своё местоположение относительно объектов окружающих вас на местности. Но что, если таких объектов вокруг Вас нет? Что, если Вы находитесь в сердце пустыни или на

просторах океана? В течение многих столетий, эта проблема решалась с помощью навигации по солнцу и звездам. Также, на земле, геодезисты и геологи использовали опорные геодезические пункты, от которых выполнялись измерения или поиск пути.

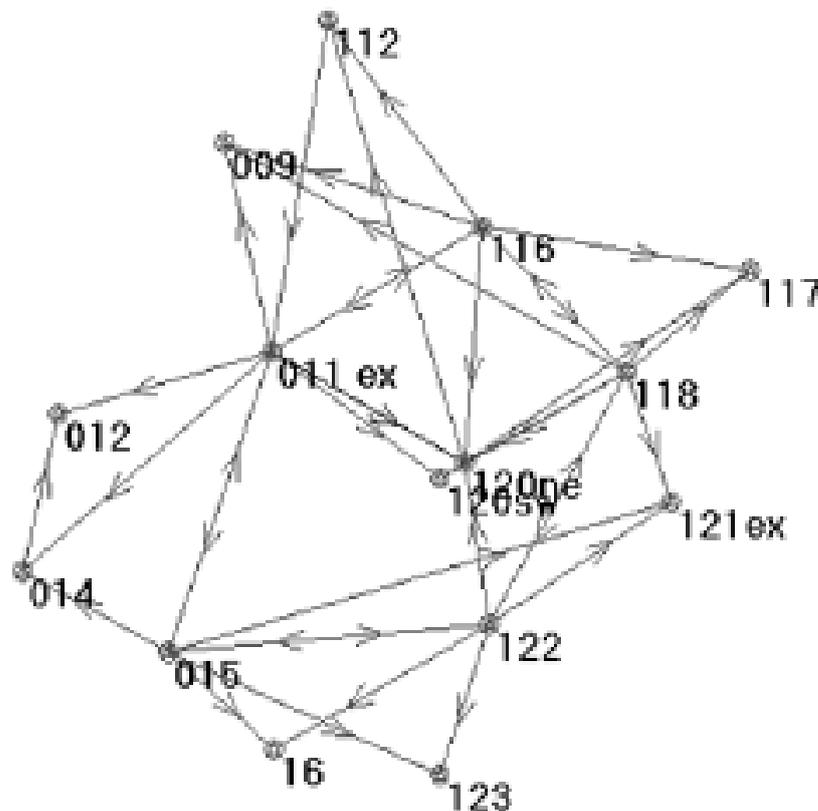
Эти методы помогают не всегда. Солнце и звезды не видны сквозь облака. И даже с помощью наиболее точных методов измерений нельзя с высокой точностью определить своё местоположение. После второй мировой войны, это стало очевидным Министерству обороны США, которое приступило к решению проблемы точного, абсолютного координирования. В течение следующих 25 лет были осуществлены несколько проектов и экспериментов, включая Transit, Timation, Loran, Десса и т.д. Все эти проекты

позволяли определять координаты, но были ограничены по точности или функциональным возможностям. В начале 1970-ых, был предложен новый проект - GPS. Эта концепция обещала удовлетворить все потребности правительства США, а именно,

необходимость в определении местоположения с высокой точностью, в любой точке земной поверхности, в любое время, в любых метеорологических условиях. GPS – это спутниковая система, которая использует созвездие из 24 спутников для обеспечения пользователя точными координатами. Теперь давайте определимся с тем, что значит «точно». Для путешественника или солдата в пустыне необходима точность 15 м.

Кораблю в прибрежных водах необходима точность 5 м. Землеустроителю необходима точность 1 см или менее. GPS может использоваться для решения всех этих задач, разница только в используемых GPS приёмниках и методик измерений.

Изначально GPS задумывалась для военного использования в любое время на всей поверхности Земли. Вскоре после того, как были сделаны первые предложения, стало очевидно, что гражданские пользователи могут также использовать GPS, и не только для персонального координирования (что было предназначено для военных). Первые две главных гражданских областей применения это морская навигация и геодезия. В настоящее время диапазон задач решаемых с помощью GPS расширился от навигации автотранспорта до автоматизации управления строительной техникой.



### 1.1.1 Обзор системы GPS

Полная структура GPS состоит из трёх различных сегментов:

1. Космический Сегмент - Спутники, облетающие по орбите Землю.
2. Сегмент Управления - Станции, расположенные вблизи от экватора, необходимые для управления спутниками.
3. Сегмент Пользователя – Любой, кто принимает и использует сигнал GPS. Космический Сегмент состоит из 24 спутников, облетающих по орбите Землю на высоте приблизительно 20 200 км каждые 12 часов. В настоящее время на орбитах находятся 26 действующих спутников.

#### 1. Космический сегмент.

Опыт показывает, что обычно в поле зрения находятся, по крайней мере, 5 спутников, видимых большую часть суток выше  $15^\circ$ , а весьма часто в вашем распоряжении будет 6 или 7 видимых спутников.

#### А) Спутник GPS.

Каждый спутник GPS имеет несколько очень точных бортовых атомных часов (эталон частот). Часы работают на основной частоте 10.23 МГц. Она используется для генерирования сигналов, которые передаются спутником.

#### Б) Созвездие спутников GPS.

Космический сегмент спроектирован таким образом, что в любой момент в вашем распоряжении будет минимум 4 спутника, видимых выше  $15^\circ$  над горизонтом в любой точке земной поверхности. Четыре спутника - минимум, который необходим для решения большинства прикладных задач. Спутник постоянно передаёт две несущие волны. Эти несущие волны находятся в L- полосе (используемой для радиопередач), и перемещаются к земле со скоростью света. Эти несущие образуются из основной частоты, генерируемой очень точными атомными часами:

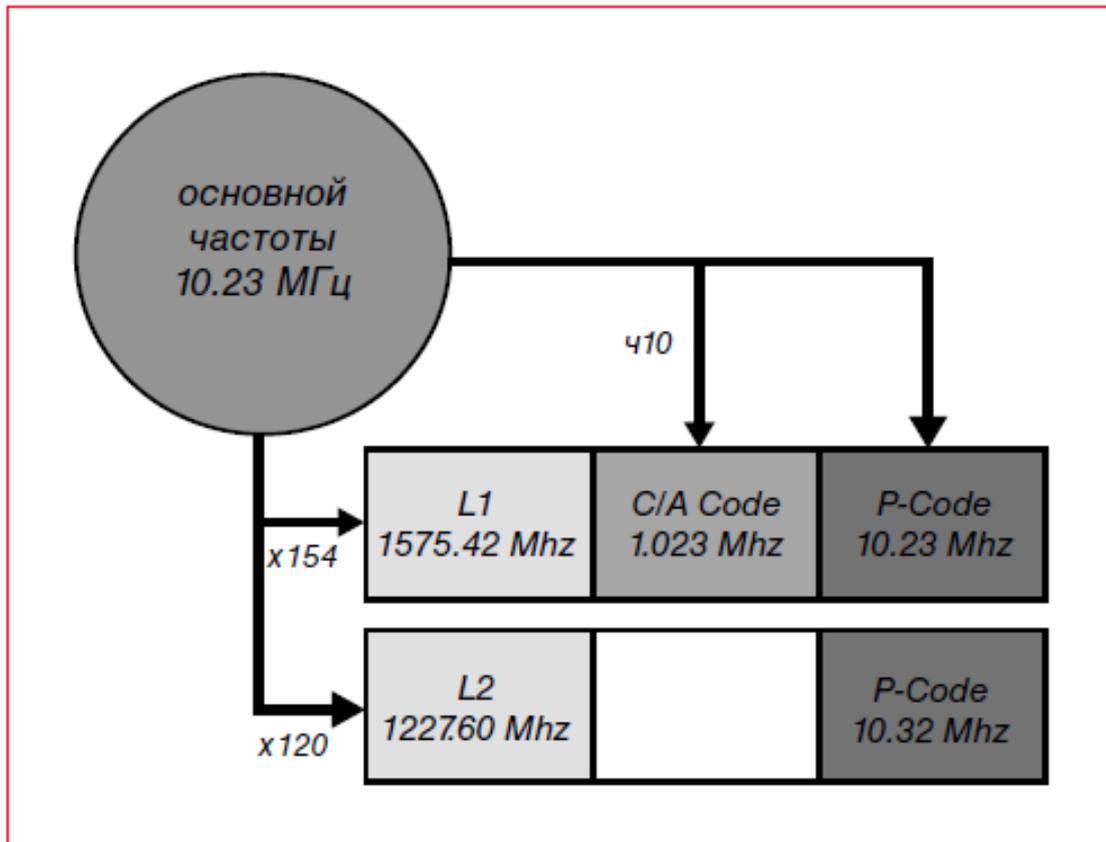
- несущая L1 передаётся в диапазоне 1575.42 МГц ( $10.23 \times 154$ )
- несущая L2 передаётся в диапазоне 1227.60 МГц ( $10.23 \times 120$ ).

Затем несущая L1 модулируется двумя кодами. C/A кодом или кодом Грубого / Захвата с частотой 1.023 МГц ( $10.23/10$ ) и P-кодом или Точным Кодом с частотой в 10.23 МГц. Несущая L2 модулируется только одним кодом – P-кодом с частотой 10.23 МГц.

Каждый спутник имеет свой индивидуальный код, по которому его идентифицирует приёмник. Коды могут быть также использованы как основа для измерения псевдодальностей, а по ним и вычисляются координаты.



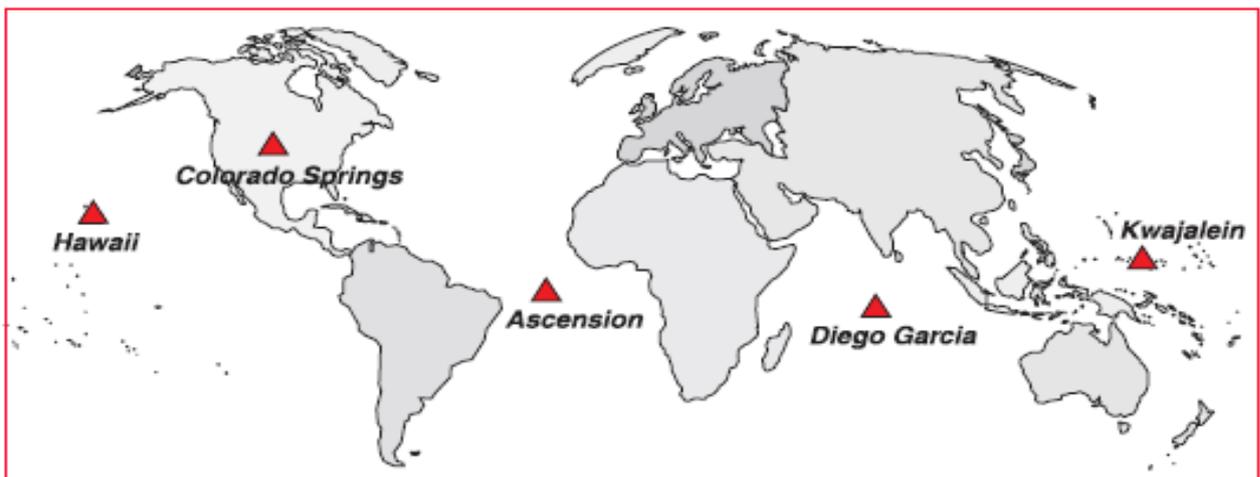
Космический сегмент



**Структура сигнала GPS.**

## 2. Сегмент Управления и контроля

Сегмент Управления состоит из одной главной станции управления, 5 контрольных станций и 4 наземных антенн, равномерно распределённых вблизи экватора. Сегмент Управления отслеживает спутники GPS, обновляет их орбитальное положение и выполняет калибровку и синхронизацию их часов. Следующая важная функция - это определение орбиты каждого спутника и предсказание траектории его движения на следующие 24 часа. Эта информация загружается в каждый спутник и входит в передаваемый сигнал. Это позволяет GPS приёмнику иметь информацию о том, где может находиться каждый спутник, что пригодится для его быстрого обнаружения на небесной сфере. Спутниковые сигналы принимаются на станциях в Асценционе, Диего Гарсия и Кваджалейне. Затем измерения отсылаются главной станции управления в Колорадо Спрингс где они обрабатываются с целью обнаружения ошибок в сигнале каждого спутника. Затем информация отсылается назад четырём контрольным станциям, оборудованным наземными антеннами, и загружается в спутники. Расположение станций Сегмента Управления.



**Расположение станций Сегмента Управления.**

### 3. Сегмент пользователя.

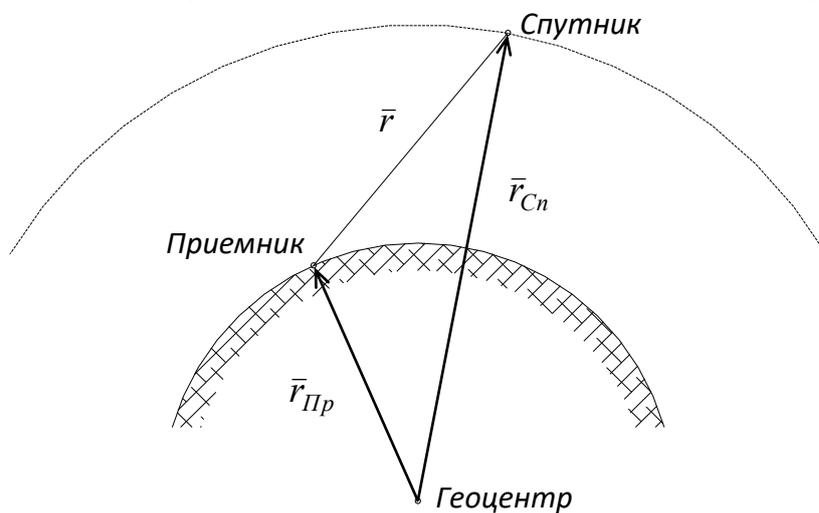
Сегмент пользователя включает любого, использующего GPS приёмник для приёма сигналов GPS и определения своего местоположения и/или времени. Обычные сферы применения в пределах сегмента пользователя – это навигация транспортных средств, туризм, геодезические измерения, судовождение, воздушное передвижение, управление строительной техникой и т. д.



#### 1.2.1 Как работает GPS

Координаты пользователя в СРНС определяются методом обратной пространственной линейной засечки, где измеряются искаженные погрешностями дальности от приемника до спутника. При этом спутники выполняют функцию наземных геодезических пунктов с известными координатами.

Предположим, в определенный момент времени спутник как бы замер в пространстве (рис 5). Пространственные координаты каждого спутника относительно центра масс Земли можно вычислить, зная эфемериды, передаваемые спутником. Если в приемнике, местоположение (т. е. геоцентрический вектор местоположения  $\vec{r}_{Пр}$ ) которого необходимо определить, используются часы, абсолютно точно установленные по времени СРНС, то, регистрируя время, необходимое для прохождения кодового сигнала от спутника до приемника, можно определить истинные расстояния (или дальности  $\vec{r}$ ) до каждого спутника.



В геометрическом смысле каждая дальность дает для определения местоположения приемника сферу, центр которой совпадает со спутником. Следовательно, используя этот метод, необходимо измерить дальности лишь до трех спутников, поскольку пересечение трех сфер позволяет получить три неизвестных координаты (например,  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ ). Решение может быть получено из трех уравнений дальности для каждого спутника:

$$\bar{r} = \left\| \bar{r}_{Cn} - \bar{r}_{Пр} \right\| \quad (24)$$

Оборудование приемников часами, обеспечивающими требуемую высокую точность синхронизации времени ( $10^{-12}$  с), привело бы к существенному удорожанию их стоимости, увеличению габаритов и усложнению организации работ с ними. Поэтому в современных приемниках используется другой метод: в них устанавливаются недорогие кварцевые часы, которые лишь приближенно устанавливаются по времени СРНС.

Из-за разницы времени приемника и спутника расстояние до спутника получается меньше или больше истинного. Эту проблема решается путем измерения четырех дальностей до четырех спутников одновременно. Такие расстояния называют псевдодальностями, поскольку они равны истинным дальностям, увеличенным или уменьшенным на некоторое расстояние  $\Delta r$ , возникающее из-за ошибки часов приемника.

Местоположение пункта, как и ранее, можно определить линейной засечкой, но теперь для нахождения четырех неизвестных (трех координат приемника и поправки часов) требуется измерить четыре псевдодальности. Величина  $\Delta r$  может быть исключена путем формирования разностей псевдодальностей, измеренных с одного пункта до двух спутников или с двух разных пунктов до одного спутника.

Конфигурация спутников СРНС была спроектирована таким образом, чтобы обеспечить пользователям радиовидимость как минимум 4-х спутников в любой точке в любое время для определения своего местоположения при нормальных условиях наблюдений.

### 1.2.3 Простая навигация.

Существует несколько различных методов для получения координат с помощью GPS.

Выбор зависит от точности, необходимой потребителю и типа имеющегося GPS приёмника.

Вообще говоря, методы могут быть разделены на три основных класса:

Автономная навигация - используется единственный (автономный) приёмник. Используется туристами, штурманами для навигации судов находящихся вдали от берега и военными.

Точность определения координат около 100 м для гражданских потребителей и приблизительно 20 м для военных потребителей.

Дифференциальные фазовые измерения. Позволяет получить точность 0.5 - 20 мм.

Используется для геодезических измерений, управления строительной техникой и т. д.

Дифференциальное координирование. Более известное как DGPS, позволяет получать координаты с точностью 0.5 - 5 м. Используется для прибрежного кораблевождения, сбора данных для ГИС (Географическая Информационная Система), в сельском хозяйстве и т. д.

Это - наиболее простая методика, которую используют GPS приёмники, для мгновенного получения координат и высоты и/или точного времени. Получаемая точность может быть выше 100 м (обычно около 30 - 50 м) для гражданских пользователей и 5 - 15 м для военных. Причины возникновения столь большой разницы между гражданскими и военными пользователями приведены позже в этом разделе. Приемники, используемые для операций данного типа обычно маленьких размеров, портативные карманные устройства с низкой ценой.

### 1.2.3. Определение координат спутника.

Определение координат с помощью GPS основано на измерении расстояния от спутников до GPS приёмника, находящегося на поверхности Земли. Это расстояние до каждого спутника может быть определено GPS приёмником. Основная идея – решение обратной засечки, которую множество геодезистов используют в своей ежедневной работе. Если Вы знаете, расстояние до трёх точек относительно собственного

положения, то Вы можете определить координаты точки стояния относительно этих трёх точек. По расстоянию до одного спутника, мы знаем, что положение приёмника должно быть некоторой точкой на поверхности воображаемой сферы, центром которой является спутник. Определив точку пересечения трёх воображаемых сфер, мы получим положение приёмника. Пересечение трех воображаемых сфер.

4 Проблема состоит в том, что по сигналу GPS можно определить лишь псевдодалности и время. Таким образом, для решения имеются четыре неизвестных величины: координаты (X, Y, Z) и время прохождения сигнала. Выполнив измерения сигналов от четырёх спутников, мы получим четыре уравнения, которые могут быть решены, что позволит определить эти неизвестные величины.

Для определения трёхмерного положения и времени нужны, по крайней мере, четыре спутника.

А) Вычисление расстояния до спутника.

Для того чтобы вычислить расстояние до каждого спутника используется один из законов движения Исаака Ньютона: Расстояние = Скорость x Время. Например, можно вычислить расстояние, пройденное поездом, если Вы знаете, скорость его движения и время, в течение которого он двигался с этой скоростью. Для GPS измерений необходим приёмник, вычисляющий расстояние от приёмника до спутника.

Скорость – это скорость прохождения радиосигнала. Радиоволны распространяются со скоростью света, 290 000 км в секунду (186 000 миль в секунду).

Время – это время, затраченное радиосигналом на прохождение от спутника до GPS приёмника. Вычислить его немного тяжелее, так как необходимо знать, когда радиосигнал покинул спутник и когда он достиг приёмника.

#### Вычисления координат спутника

Для эллиптической орбиты используется следующий алгоритм вычислений координат спутника на момент времени (э п о х у )  $t$ :

1. Вычисление средней аномалии  $M$  по формулам

$$M = \omega_c (t - \tau), \quad \omega_c = \frac{2\pi}{T}, \quad T = \frac{2\pi a^{3/2}}{\sqrt{fM_3}} \quad (18)$$

где  $\omega_c$  – угловая скорость обращения спутника на орбите,  $T$  – период обращения,  $\tau$  – время прохождения через перигей,  $fM_3$  – геоцентрическая гравитационная постоянная Земли.

2. Вычисление эксцентрической аномалии  $E$  последовательными итерациями по формуле

$$E - e \sin E = M \quad (19)$$

3. Определение радиус-вектора  $R$  спутника по формуле:

$$R = a(1 - e \cos E) \quad (20)$$

4. Вычисление истинной аномалии  $v$  и аргумента широты  $u$  по формулам

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \left( \frac{1+e}{1-e} \right)^{1/2} \operatorname{tg} \frac{E}{2} \quad (21)$$

$$u = v + \omega \quad (22)$$

5. Определение прямоугольных геоцентрических координат спутника по формуле

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} \cos(u)\cos(\Omega) - \sin(u)\cos(i)\sin(\Omega) \\ \cos(u)\sin(\Omega) + \sin(u)\cos(i)\cos(\Omega) \\ \sin(u)\sin(i) \end{pmatrix} \quad (23)$$

Алгоритм и формулы упрощаются для круговых орбит, эксцентриситет которых  $e$  равен 0.

#### Б) Вычисление времени.

Сигнал спутника модулирован двумя кодами - C/A кодом и P-кодом C/A код основан на сигналах времени генерируемых очень точными атомными часами. Приёмник также снабжён часами, которые используются для генерации соответствующего C/A кода. После чего GPS приёмник способен «найти соответствие» или корреляцию кода, полученного от спутника с кодом сгенерированным приёмником. C/A код – это цифровой код, называемый «псевдослучайным», т. е. появляющийся случайным образом. В действительности он далеко не случаен и повторяется тысячу раз каждую секунду.

Таким образом, мы можем вычислить время, затрачиваемое радиосигналом на прохождение от спутника до GPS приёмника.

### 1.3 Источники ошибок.

До сих пор мы принимали, что координаты полученные с помощью GPS очень точны и свободны от ошибок, но это далеко не так, потому что существуют несколько источников ошибок, которые снижают точность координат полученных с помощью GPS от (теоретически) нескольких метров до нескольких десятков метров. Эти источники ошибки:

1. Ионосферные и атмосферные задержки
2. Ошибки часов спутника и приёмника
3. Переотражение
4. Геометрическое Снижение Точности
5. Избирательный Доступ (S/A)
6. Шифрование кодовых данных – Anti Spoofing (A-S)

#### 1. Ионосферные и атмосферные задержки.

Поскольку спутниковый сигнал проходит через ионосферу, его прохождение может быть замедлено, эффект, подобный преломлению луча света проходящего через стекло. Эти атмосферные задержки могут привести к ошибке в вычислении дальности, поскольку воздействуют на скорость сигнала. (Свет имеет постоянную скорость только в вакууме).

Ионосфера не вызывает постоянной задержки сигнала. Есть несколько факторов, которые оказывают влияние на величину задержки, вызванной ионосферой.

а. Возвышение спутника. Задержка сигналов спутников находящихся низко над горизонтом будет больше, чем сигналов спутников расположенных высоко. Это происходит из-за увеличения расстояния, которое сигнал проходит через атмосферу.

Количество, на которое увеличивается плотность ионосферы, изменяется в соответствии с циклом солнечной активности. Солнечная активность достигает максимума приблизительно каждые 11 лет. В дополнение к этому могут также происходить беспорядочные солнечные вспышки, которые также воздействуют на ионосферу. Ионосферные ошибки могут быть смягчены с помощью одного из двух методов:

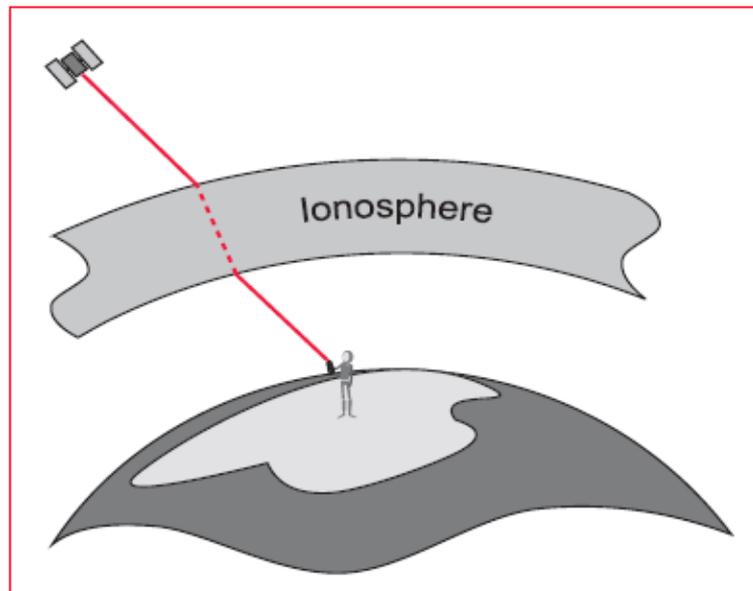
- Первый метод заключается в осреднении эффекта снижения скорости света, вызванного ионосферой. Этот поправочный коэффициент может быть затем применён к вычисленным дальностям. Однако в этом случае мы полагаемся на некие средние условия, а очевидно, что эти средние условия далеко не постоянны. Поэтому этот метод не оптимальное решение для уменьшения ионосферной ошибки.

- Второй метод заключается в использовании «двухчастотных» GPS приёмников. Такие приёмники измеряют сигналы GPS L1 и L2. Известно что, когда радиосигнал проходит через ионосферу то скорость его замедляется, обратно пропорционально частоте.

Следовательно, если сравнить время приёма двух сигналов, то можно точно оценить время задержки прохождения сигнала. Заметьте, что это возможно только с помощью двухчастотных GPS приёмников. В настоящее время большинство используемых приёмников одночастотные.

с. Воздействие на сигнал GPS водяных паров. Водяной пар, содержащийся в атмосфере, также может воздействовать на сигнал GPS. Это воздействие, которое может приводить к снижению точности определения координат, может быть компенсировано с помощью моделей атмосферы.

в. Плотность ионосферы, на которую воздействует солнце. Ночью влияние ионосферы весьма низкое. Днём солнце увеличивает воздействие ионосферы и замедляет сигнал.



#### 6 . Ошибки часов спутников и приёмника.

Даже притом, что часы спутника очень точны (ошибка приблизительно 3 наносекунды), они иногда слегка уходят вперёд или назад, что вызывает небольшие ошибки, воздействующие на точность определения координат.

3. Ошибки из-за переотражения. Переотражение происходит, когда антенна приёмника установлена рядом с большой отражающей поверхностью типа озера или здания. Спутниковый сигнал не достигает антенны по прямой, а сначала попадает на лизлежащий объект. В результате на антенну попадает отражённый сигнал, что образует ложное измерение. Переотражение может быть уменьшено с помощью специальных GPS антенн с встроенным защитным экраном (круглый, металлический диск приблизительно 50 см в диаметре), который предотвращают приём низко распространяющихся сигналов. Антенна Choke-Ring (кольцевой дроссель). Для получения высочайшей точности, предпочтительней использовать антенну типа Choke-Ring, которая состоит из 4 или 5 концентрических колец вокруг антенного модуля, которые отфильтровывают любой не прямой сигнал. Переотражение воздействует только на высокоточные измерения, такие, например как геодезические измерения. Простые карманные навигационные приёмники не используют методы фильтрации переотражённых сигналов.

#### 2. Ошибки часов спутников и приёмника.

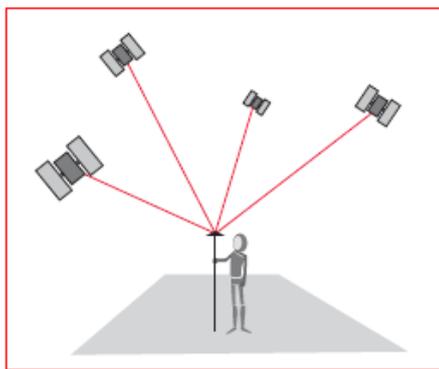
Даже притом, что часы спутника очень точны (ошибка приблизительно 3 наносекунды), они иногда слегка уходят вперёд или назад, что вызывает небольшие ошибки, воздействующие на точность определения координат. Министерство обороны США контролирует часы спутников с помощью Сегмента Управления и может исправить любой обнаруженный ход часов.

#### 3. Ошибки из-за переотражения.

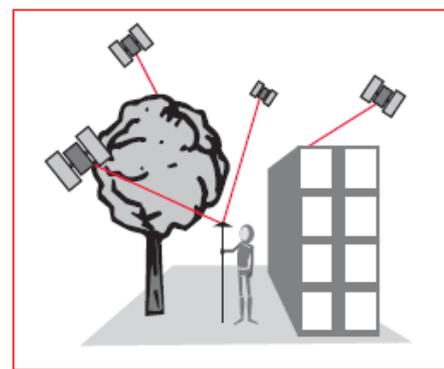
Переотражение происходит, когда антенна приёмника установлена рядом с большой отражающей поверхностью типа озера или здания. Спутниковый сигнал не достигает антенны по прямой, а сначала попадает на близлежащий объект. В результате на антенну попадает

отражённый сигнал, что образует ложное измерение. Переотражение может быть уменьшено с помощью специальных GPS антенн с встроенным защитным экраном (круглый, металлический диск приблизительно 50 см в диаметре), который предотвращают приём низко распространяющихся сигналов. Для получения высочайшей точности, предпочтительней использовать антенну типа Choke-Ring, которая состоит из 4 или 5 концентрических колец вокруг антенного модуля, которые отфильтровывают любой не прямой сигнал. Переотражение воздействует только на высокоточные измерения, такие, например как геодезические измерения. Простые карманные навигационные приёмники не используют методы фильтрации переотражённых сигналов.

Для использования GPS необходимо чтобы в поле зрения GPS антенны находилось, по крайней мере, 4 спутника. Иногда, спутниковые сигналы могут блокироваться высокими зданиями, деревьями и т. д. Следовательно, GPS нельзя использовать в закрытом помещении. Также трудно использовать GPS в центре города или лесистой местности. Из-за этих ограничений в некоторых случаях может быть экономически эффективней использовать тахеометр или комбинировать GPS и обычные измерения.



Четыре спутника в поле зрения приёмника.



Большие объекты могут блокировать сигнал GPS.

#### 4. Геометрическое снижение точности.

Геометрическое снижение точности (DOP) - мера строгости спутниковой геометрии и связано с расположением спутников на небесной сфере. DOP может усилить воздействие ошибок определения координат спутника. Принцип может быть лучше проиллюстрирован схемами: Хорошо расположенные спутники -низкая неопределенность положения Плохо расположенные спутники -высокая неопределенность положения На определение дальности до спутника воздействуют все выше описанные ошибки. В случае, когда спутники расположены на небесной сфере достаточно широко, искомое положение может находиться в пределах заштрихованной области на схеме, и границы возможной ошибки малы. Когда спутники расположены близко друг к другу, размер заштрихованной области увеличивается, что увеличивает неопределенность положения. В зависимости от типа измерений могут быть вычислены различные типы геометрического снижения точности или DOP.

VDOP - снижение точности по высоте. Дает снижение точности в вертикальном направлении.

HDOP - снижение точности в плане. Дает снижение точности в горизонтальном направлении.

PDOP - снижение точности положения. Дает снижение точности трёхмерного положения.

GDOP - геометрическое снижение точности. Дает снижение точности трёхмерного положения и времени.

Наиболее полезный DOP – это GDOP, так как это комбинация всех коэффициентов. Некоторые приемники, однако, вычисляют PDOP или HDOP, которые не включают временную составляющую. Лучший путь уменьшения GDOP – это наблюдение как можно большего количества спутников. Помните, однако, что на сигналы от низко расположенных спутников ошибки воздействуют в большей степени. Общее правило при геодезических GPS измерениях - лучше наблюдать спутники с углами возвышения  $15^\circ$  и выше. Наиболее точные координаты будут вычисляться в случае низкого GDOP,

## 5. Избирательный доступ (S/A).

Избирательный доступ – это процесс воздействия на GPS сигнал Министерством обороны США. Предназначен он для того, чтобы частные лица и недружелюбные иностранцы не пользовались полной точностью GPS. Воплощается воздействием на спутниковые часы техникой известной как «добавление псевдослучайного сигнала», который слегка изменяет время. К тому же передаваемые эфемериды (или траектория движения спутника) слегка отличаются от той, что в действительности. Конечный результат состоит в снижении точности определения координат. Стоит отметить, что S/A воздействует на гражданских потребителей, использующих один GPS приёмник, для получения автономного положения. На потребителей использующих дифференциальные измерения S/A существенно не воздействуют.

## 6. Шифрование кодовых данных -Anti-Spoofing (A-S).

Шифрование кодовых данных, подобно S/A, является намеренным с целью препятствовать доступу к P-кодовой части сигнала GPS гражданским лицам и неприятелю и следовательно вынудить их использовать C/A код, к которому применён S/A. A-S шифрует P-код в результате чего получается сигнал, называемый Y-кодом. Только пользователи, имеющие армейские GPS приёмники (США и их союзники) могут расшифровывать Y-код.

### 1.4 Референц - станция.

Антенна референц приёмника установлена на точке с предварительно определёнными координатами. Приёмник, который установлен на подобной точке с известными координатами, называется референц - станцией или базовой станцией (базой). После включения приёмник начинает отслеживать спутники. Затем он может вычислять координаты в автономном режиме с помощью вышеуказанных методов, Поскольку он находится на точке с известными координатам, то он имеет возможность очень точно оценить каковы должны быть дальности до различных спутников. Поэтому базовый приёмник может определить разность между вычисленными и измеренными дальностями. Эти разности называются поправками. Базовый приёмник обычно подсоединяется к устройству для передачи данных по радиоканалу (радиомодем), с помощью которого и передаются эти дифференциальные поправки.

### 1.5 Ровер.

Ровер находится на другом конце этой цепочки принимая поправки. Ровер снабжён радиомодемом позволяющим принимать поправки в дальности, передаваемые базовой станцией. Ровер также вычисляет дальности до спутников, а приняв их применяет к вычисленным дальностям. Это позволяет намного более точно вычислять координаты, чем при использовании не исправленных дальностей.

### 1.6 Дифференциальные фазовые GPS измерения и разрешение неоднозначности.

Дифференциальные фазовые GPS измерения используются главным образом в геодезии и связанных отраслях промышленности для достижения точности относительного координирования на уровне 5 - 50 мм. Используемая методика отличается от выше описанных методов и включает большой объём статистических вычислений. Это дифференциальная методика, суть которой состоит в том, что всегда одновременно используются минимум два GPS приёмника. Этот метод одно из ответвлений дифференциального координирования. Базовый приёмник всегда устанавливается в точке с фиксированными или известными координатами. Другой приёмник(и) свободно перемещается вокруг. Поэтому они и называются роверами. Между базовым приёмником и ровером вычисляется базовая линия.

### 1.7 Фаза несущей, C/A и P коды.

Теперь полезно будет дать определения различных компонентов сигнала GPS. Фаза несущей. Синусоидальная волна сигнала L1 или L2, которая генерируется спутником. Несущая L1 генерируется с частотой 1575.42 МГц, а несущая L2 с частотой 1227.6 МГц. Код C/A. Код грубого захвата. Модулирует несущую L1 с частотой 1.023 МГц. P-код. Точный код. Модулирует несущую L1 и L2 с частотой 10.23 МГц. Что такое модуляция?

Несущие волны предназначены для переноса двоичных C/A и P кодов с помощью процесса, называемого модуляцией. Модуляция – это добавление кодов к несущей волне. Коды – это двоичные коды. Это означает, что они могут иметь значения только 1 или -1. Каждый раз в момент изменения значения кода изменяется фаза несущей. Модуляция несущей. C/A код Несущая модулированная P-кодом

Почему используется фаза несущей?

Фаза несущей используется, потому что с помощью неё можно более точно выполнять измерения, чем используя P-или C/A коды. Несущая L1 имеет длину волны 19.4 см. Если мы могли бы измерить число длин волны (целую и дробную её части) между спутником и приёмником, то Вы получили бы с очень высокой точностью дальность до спутника.

### **1.8 Двойное вычисление разностей.**

Большая часть ошибки образующейся при выполнении измерений в автономном режиме происходит из-за недостатков часов приёмника и спутника. Один из путей обойти эти ошибки состоит в том, чтобы использовать методику называемую Двойное Вычисление разностей. Если два GPS приёмника выполняют измерение до двух различных спутников, смещения часов приёмников и спутников аннулируются, тем самым удаляется любой источник ошибки, который может входить в уравнение. Двойное вычисление разностей.

### **1.9 Неоднозначность и Разрешение Неоднозначности.**

Для геодезиста или инженера вероятней важнее всего является практика выполнения GPS измерений, нежели теоретические знания по GPS. Подобно любому инструменту, GPS приёмник настолько хорош на практике насколько умело с ним обращается оператор. Правильное планирование и подготовка к измерениям существенно влияют на успешность измерений также как и осознание возможностей и ограничений GPS.

Почему используется GPS?

GPS имеет большие преимущества по сравнению с традиционными геодезическими методами:

1. Не требуется прямая видимость между точками
2. Может быть использована в любое время дня или ночи при любой погоде
3. Предоставляет результаты с очень высокой геодезической точностью
4. Большой объём работ может быть выполнен быстрее с меньшими трудозатратами

После удаления ошибок часов с помощью двойного вычисления разностей, можно определить целое число длин волны несущей плюс её дробную часть между спутником и антенной приёмника. Проблема в том, что имеется множество «наборов» возможных целых длин волны для каждого наблюдаемого спутника. Таким образом, решение неоднозначно. С помощью статистических расчётов можно разрешить эту неоднозначность и определить наиболее вероятное решение. Далее мы приведём схему процесса разрешения неоднозначности. Некоторые сложные вещи в этом объяснении отсутствуют, но всё же вам будет полезно с ней ознакомиться. Код, полученный в результате дифференциальных измерений, может быть использован для получения: приблизительного положения. Точный ответ должен лежать где-нибудь в пределах этого круга. Волновой фронт от отдельного спутника попадает как внутрь, так и за пределы круга. Искомая точка должна лежать где-нибудь на одной из линий, образованных этими волновым фронтом внутри круга. В случае наблюдения второго спутника, образуется второй набор волновых фронтов или фазовых линий. Искомая точка должна находиться на одном из пересечений двух наборов фазовых линий. Добавим третий спутник – это

позволит нам сузить круг поиска. Точка должна находиться на пересечении всех трёх фазовых линий. Добавим третий спутник. Это ещё более сузит круг поиска. Как только конфигурация спутникового созвездия изменится, появится тенденция к развороту вокруг одной из точек, которая и представляет наиболее вероятное решение.

## ГЛАВА 2

### Создание геодезические обоснование с применением GPS приёмников

Так как GPS становится всё более и более популярным геодезическим и навигационным инструментом, геодезистам и навигаторам необходимо понять, как GPS координаты взаимосвязаны со стандартными геодезическими системами координат. Общая причина ошибок GPS измерений – это результат неправильного понимания этих зависимостей.

Определение координат с помощью GPS позволяет достигнуть фундаментальной цели геодезии - определение абсолютного положения с одинаковой точностью в любом месте на земной поверхности. Используя классические геодезические и топографические методы, мы всегда определяем положение относительно исходных геодезических пунктов, с точностью зависящий от расстояния до этих пунктов. Поэтому GPS предоставляет существенное преимущество перед обычными методами. Наука геодезия – это основа для GPS, и, наоборот, GPS превратилась в главный инструмент геодезии. Это станет очевидным, если мы посмотрим на цели геодезии:

1. Создание и обслуживание национальных и глобальных трёхмерных геодезических опорных сетей на поверхности земли, с учётом того, что их положение изменяется со временем из-за смещений центров, закрепляющих пункты этих сетей.
  2. Измерение и представление геодинамических явлений (движение полюсов Земли, приливно-отливные явления и подвижки земной коры).
  3. Определение гравитационного поля земли, включая его временные изменения.
- Хотя большинство потребителей никогда не коснутся любой из вышеупомянутых задач, необходимо чтобы любой использующий GPS оборудование имел общее представление о геодезии.

#### 2.1 Система координат GPS.

Хотя Земля и может показаться однородной сферой, если взглянуть на неё из космоса, но поверхность её далека от равномерной. Т. к. GPS должна помочь определить координаты в любой точке на земной поверхности она использует систему геодезических координат, в основе которой лежит эллипсоид. Эллипсоид (также называемый сфероидом) – это сплюснутая или раздавленная сфера. Эллипсоид выбран потому, что он больше всего похож на сферу Земли. Этот эллипсоид не имеет никакой физической поверхности, но является математически определённой поверхностью. Фактически, как будет показано далее, существует много различных эллипсоидов или математических определений земной поверхности. Эллипсоид, используемый в GPS, называется WGS84 или Всемирной Геодезической Системой 1984. Точка на поверхности земли (заметьте, что это не поверхность эллипсоида), может быть определена широтой, долготой и эллипсоидальной высотой. Альтернативный метод определения положения точки – это Декартова (прямоугольная) система координат, с помощью отрезков по осям координат X, Y, и Z от начала координат или центра сфероида. Этот метод, прежде всего используемый GPS для определения положения точки в пространстве. Определение координат точки P в Геодезической и Декартовой системе координат.

## Преобразование прямоугольных (пространственных) координат $X, Y, Z$ в геодезические (эллипсоидальные) координаты $B, L, H$ .

Для обратного перехода от пространственных координат  $X, Y, Z$  к геодезическим  $B, L, H$  выполняются итерации при вычислении широты  $B$  и высоты  $H$  с использованием следующего алгоритма.

1) Вычисляется вспомогательная величина  $D$  по формуле:

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2}. \quad (4)$$

2) Анализируют значение  $D$ :

если  $D = 0$ , то

$$B = \frac{\pi}{2} \frac{Z}{|Z|}, L = 0, H = Z \sin B - a\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B} \quad (5)$$

если  $D > 0$ , то

$$L_a = \arcsin\left(\frac{Y}{D}\right); \quad (6)$$

при этом

если  $Y < 0, X > 0$ , то  $L = 2\pi - L_a$

если  $Y < 0, X < 0$ , то  $L = \pi + L_a$

если  $Y > 0, X < 0$ , то  $L = \pi - L_a$

если  $Y > 0, X > 0$ , то  $L = L_a$

3) Анализируют значение  $Z$ :

если  $Z = 0$ , то

$$B = 0, H = D - a$$

Во всех других случаях используется следующая схема вычислений:

1) Находят вспомогательные величины  $r, c, p$  по формулам:

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}, \quad (7)$$

$$c = \arcsin\left(\frac{Z}{r}\right), \quad (8)$$

$$p = \frac{e^2 a}{2r}. \quad (9)$$

2) реализуют итеративный процесс:

$$s_1 = 0,$$

$$b = c + s_1, \quad (10)$$

$$s_1 = \arcsin\left(\frac{p \sin(2b)}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 b}}\right);$$

если модуль разности  $|s_2 - s_1|$  меньше заданного  $\varepsilon$ , то

$$B = b,$$

$$H = D \cos B + Z \sin B - a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}. \quad (11)$$

В противном случае приравнивают  $s_1 = s_2$  и вычисления повторяют, начиная с вычисления  $b$ . Значение  $\varepsilon$  во все случаях принимается равным  $0,0001''$ , что обеспечивает погрешность вычисления  $H$  не более  $0,003$  м.

### Преобразование геодезических координат $B$ и $L$ в плоские прямоугольные координаты $x$ и $y$

Плоские прямоугольные координаты  $x$  и  $y$  с погрешностью не более  $0,001$  м в принятой на территории Узбекистана проекции Гаусса-Крюгера по геодезическим координатам на эллипсоиде Красовского вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} x = & 6367558,4698B - \\ & - \sin(2B)(16002,8900 + 66,9607 \sin^2 B + 0,3515 \sin^4 B - \\ & - l^2(1594561,25 + 5336,535 \sin^2 B + 26,790 \sin^4 B + 0,149 \sin^6 B + \\ & + l^2(672483,4 - 811219,9 \sin^2 B + 5420,0 \sin^4 B - 10,6 \sin^6 B + \\ & + l^2(278194 - 830174 \sin^2 B + 572434 \sin^4 B - 16010 \sin^6 B + \\ & + l^2(109500 - 574700 \sin^2 B + 863700 \sin^4 B - 398600 \sin^6 B)))))) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} y = & (5 + 10n)10^5 + \\ & l \cos B(6378245 + 21346,1415 \sin^2 B + 107,159 \sin^4 B + 0,5977 \sin^6 B + \\ & + l^2(1070204,16 - 2136826,66 \sin^2 B + 17,98 \sin^4 B - 11,99 \sin^6 B + \\ & + l^2(270806 - 1523417 \sin^2 B + 1327645 \sin^4 B - 21701 \sin^6 B + \\ & + l^2(79690 - 866190 \sin^2 B + 1730360 \sin^4 B - 945460 \sin^6 B)))))) \end{aligned} \quad (13)$$

В формуле (12) значение  $B$  выражают в радианной мере.

В формуле (13)  $n$  – номер шестиградусной зоны в проекции Гаусса-Крюгера. Величина  $l$  вычисляется в радианной мере по формуле

$$l = \frac{L - (3 + 6(n - 1))}{57,29577951} \quad (14)$$

### Преобразование пространственных прямоугольных координат

#### из системы А в систему Б

Пространственные прямоугольные координаты двух систем (А и Б), у которых отличаются начало координат, ориентирование осей и линейный масштаб, связаны следующими соотношениями:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_B = (1 + m) \begin{pmatrix} 1 & +\omega_Z & -\omega_Y \\ -\omega_Z & 1 & +\omega_X \\ +\omega_Y & -\omega_X & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_A + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} \quad (15)$$

Обратное перевычисление, из системы Б в систему А, выполняется по формулам:

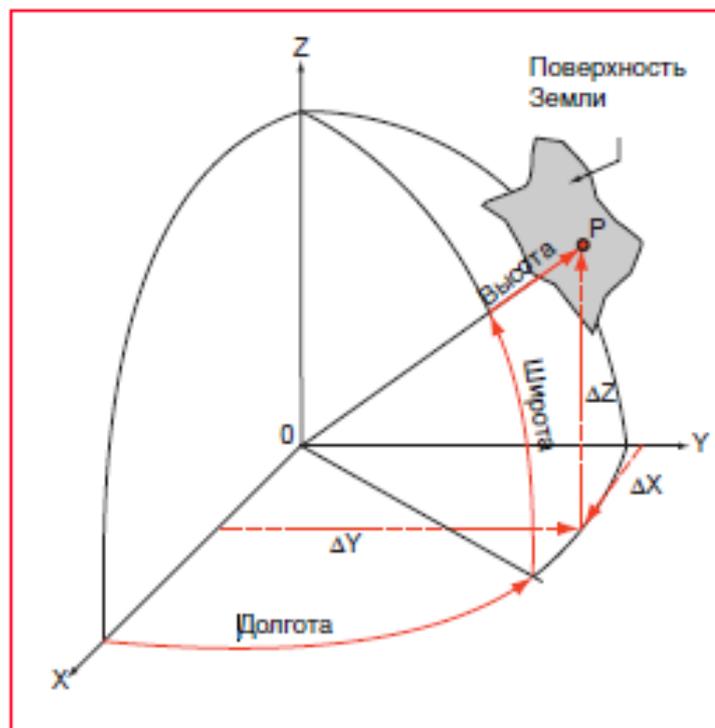
$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_A = (1 - m) \begin{pmatrix} 1 & -\omega_Z & +\omega_Y \\ +\omega_Z & 1 & -\omega_X \\ -\omega_Y & +\omega_X & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_B - \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} \quad (16)$$

где  $m$  – масштабный коэффициент при переходе от системы А к системе Б;

$\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$  – угловые элементы трансформирования, углы вращения осей системы А, обеспечивающие их параллельность осям системы Б;

$\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  – линейные элементы трансформирования, смещение начала системы координат А относительно системы Б.

Приведенные выше формулы называются формулами Гельмерта, а собственно преобразование – преобразованием Гельмерта по 7-ми параметрам.



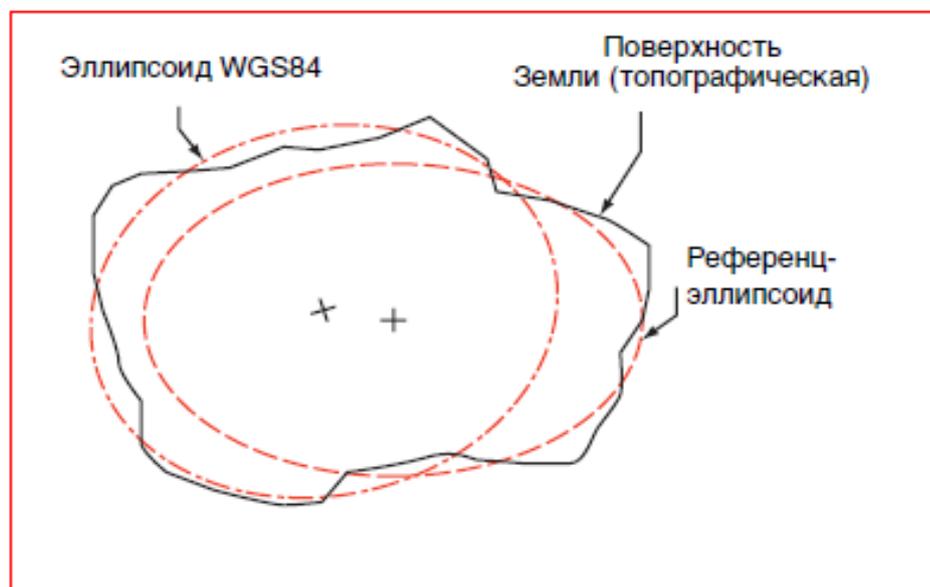
**Определение координат точки P в Геодезической и Декартовой системе координат.**

## 2.2 Местные системы координат.

Также, как система GPS координат, система местных координат или координат используемых для выполнения геодезических работ в различных государствах основана на местном (референц) эллипсоиде, наилучшим образом представляющим геоид в районе проведения работ. Обычно, эти координаты будут проектироваться на плоскость, для получения прямоугольных координат в зональной системе координат. Референц - эллипсоиды, используемые в большинстве местных систем координат во всем мире были определены много лет назад, ещё до появления методов космической геодезии. Создание этих эллипсоидов имело целью получить поверхность наилучшим образом представляющую интересующую территорию, но их нельзя было применять в других регионах Земли. Поэтому каждая страна определила свою собственную картографическую проекцию / пространственную систему координат, основанную на референц -эллипсоиде.

При использовании GPS, вычисляются координаты относительно эллипсоида WGS84.

Референц-эллипсоид координат обычно составлены из координат в местной системе и поэтому GPS координаты должны быть преобразованы в эту местную систему.



**Зависимость между эллипсоидами и земной поверхностью.**

Всемирная геодезическая система – систем координат 1984 года (WGS-84) представляет собой общеземную систему, полученную путем уточнения доплеровской опорной системы NSWС 9Z-2 по результатам доплеровских измерений спутниковой радионавигационной системы ВМС США ТРАНЗИТ.

Начало и оси WGS-84 определяются следующим образом:

- начало координат – центр масс Земли;
- ось Z – направлена на Международное условное начало СИО, как это установлено Международным Бюро времени ВИН;
- ось X – пересечение плоскости исходного меридиана WGS-84 и плоскости экватора, при этом в качестве исходного меридиана принимается нулевой меридиан, определенный ВИН;
- Ось Y – дополняет правостороннюю ортогональную систему координат с началом в центре Земли и привязанную к Земле (ECEF); она расположена в плоскости экватора под углом  $90^\circ$  к востоку от оси X.

WGS-84 представляет собой привязанную к Земле глобальную опорную систему, включая модель Земли, и определяется набором основных и вспомогательных параметров (табл. \*\*).

Основные параметры определяют форму земного эллипсоида, его угловую скорость и массу Земли, которая включена в эллипсоид.

Вспомогательные параметры детально определяют модель земного тяготения (EGFM), степень и порядок которой равны  $n = m = 180$ . Данную модель применяется для расчетов высот над геоидом в системе WGS-84, компонентов нарушения тяготения WGS-84 и средних гравитационных аномалий  $1^\circ \times 1^\circ$  WGS-84 путем разложения на сферические гармонические

функции. Разложения такой степени и порядка необходимы для точного моделирования изменений гравитационного поля Земли на ее поверхности и вблизи ее.

Параметры	Обозначение	Значение
Большая полуось	$a$	6378137 м
Полярное сжатие	$1/f$	1/298,257223563
Угловая скорость	$\omega$	$7,292115 \times 10^{-5}$ рад/с <sup>-1</sup>
Геоцентрическая гравитационная постоянная (с учетом массы атмосферы Земли)	$GM (fM)$	398600,5 км <sup>3</sup> /с <sup>-2</sup>
Второй гармонический коэффициент	$C_{20}$	$-484,16685 \times 10^{-6}$

Начало координат и ориентация осей системы WGS-84 определяются координатами пяти контрольных станций системы GPS: Колорадо-Спрингс, Гавайи, Асансьон, Диего Гарсия и Кваджалейн.

Точность ( $1 \sigma$ ) координат WGS-84, выраженная через геодезические широту  $\varphi$ , долготу  $\lambda$  и высоту  $h$ , равна:

в горизонтальной плоскости  $\sigma_\varphi = \sigma_\lambda = \pm 1$  м;

в вертикальной плоскости  $\sigma_h \pm 1 \dots 2$  м.

Система WGS-84 дважды уточнялась по результатам спутниковых измерений GPS (в 1994 и 1996 годах). Новые реализации WGS-84 получили обозначение WGS-84 (G730) и WGS-84 (G873), где G указывает, что координаты были получены GPS-методом, число после G указывает номер GPS-недели. В СРНС GPS уточненные реализации WGS-84 используются с 29 июня 1994 года и 29 января 1997 года соответственно.

### 2.3 Трансформация.

Цель трансформации состоит в том, чтобы преобразовать координаты из одной системы в координаты в другой системе. Существуют несколько различных методов трансформации. Какой из них использовать зависит от результатов, которые вам необходимы. Процесс выполнения полевых работ для определения параметров трансформации для каждого из методов один и тот же. Во-первых, необходимо иметь координаты в обеих системах координат (т. е. в WGS84 и в местной системе), по крайней мере, трёх (а лучше четырёх) общих пунктов. Чем больше общих пунктов Вы включите в вычисления, тем больше будет избыточность необходимая для выявления ошибок.

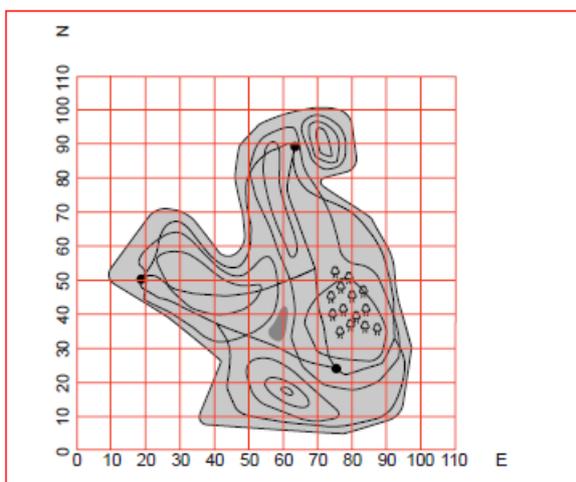
Общие пункты (т. е. пункты с координатами в обеих системах) мы получим, выполнив GPS измерения на пунктах с известными местными координатами и ортометрическими высотами (например, на пунктах существующих геодезических сетей). После этого можно вычислить параметры трансформации с помощью одного из методов трансформации. Важно отметить, что результаты трансформации должны использоваться только в зоне ограниченной общими пунктами. Для трансформации координат точек вне этой зоны вычисленные параметры использовать нельзя. Для этих точек нужно выполнить новую трансформацию используя лишь соответствующую часть предыдущих точек.

Трансформация имеет отношение лишь к точкам в пределах зоны ограниченной общими пунктами. Опыт показал, что точность GPS измерений, обычно, гораздо выше точности измерений, выполненных с помощью традиционных оптических приборов.

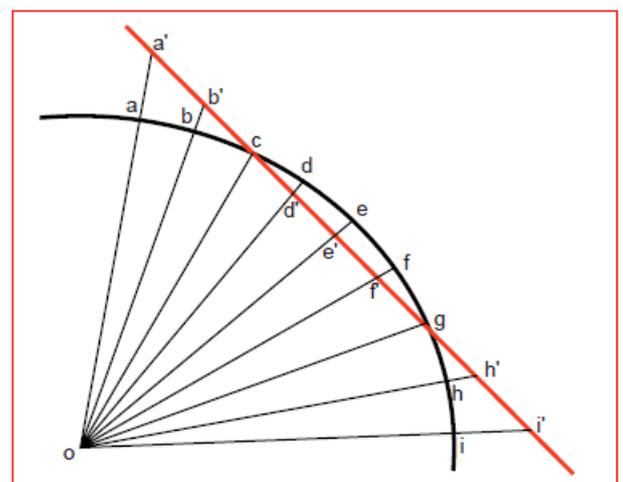
В подавляющем большинстве случаев ранее определённые координаты пунктов будут отличаться от вновь определённых с помощью GPS (более точных), что приводит к искажениям сети. Трансформируя точку из одной системы в другую лучше иметь дело с началом системы координат, а не с поверхностью, на которой находится точка. Для того чтобы трансформировать координаты из одной системы в другую должно быть известно положение относительно друг друга начала координат и осей эллипсоида. По этой информации может быть определено пространственное смещение по осям X, Y и Z начала одной системы координат относительно начала координат другой системы, затем разворот осей X, Y и Z и изменение масштаба при переходе от одного эллипсоида к другому. Несовместимость с местными координатами устраняется растягиванием или сжатием всех GPS координат с целью равномерно вписать их в систему местных координат.

## 2.4 Картографические проекции и координаты на плоскости.

Большинство геодезистов работают в прямоугольной системе координат. Это означает, что положение точки определяется Northings (x), Eastings (y) и ортометрической высотой (высота над уровнем моря). Картографические проекции позволяют геодезистам представлять трёхмерные криволинейные поверхности на плоском куске бумаги. Такие картографические проекции выглядят как плоскости, но фактически определяют математический алгоритм для перевода координат с эллипсоида на плоскость. Процесс проецирования на плоскость представлен на схеме. Точки с поверхности сфероида проецируются на плоскую поверхность по направлению от центра сфероида. Схема также отражает проблему, заключающуюся в том, что невозможно перенести без искажений линии с эллипсоида на плоскость. Искажения отсутствуют только там где плоскость пересекает сфероид (точки с и g).



Карта с сеткой прямоугольных координат.



Основная идея картографической проекции.

## 2.5 Методики GPS измерений.

Существует несколько методик измерений, которые могут использоваться с большинством геодезических GPS приёмников. Геодезист должен выбрать соответствующую методику измерений, для решения поставленной перед ним задачи.

**Статика** - Используется для измерения длинных линий, развития геодезических сетей, изучения движений тектонических платформ и т. д. Предлагает высокую точность на длинных расстояниях, но сравнительно медленные измерения.

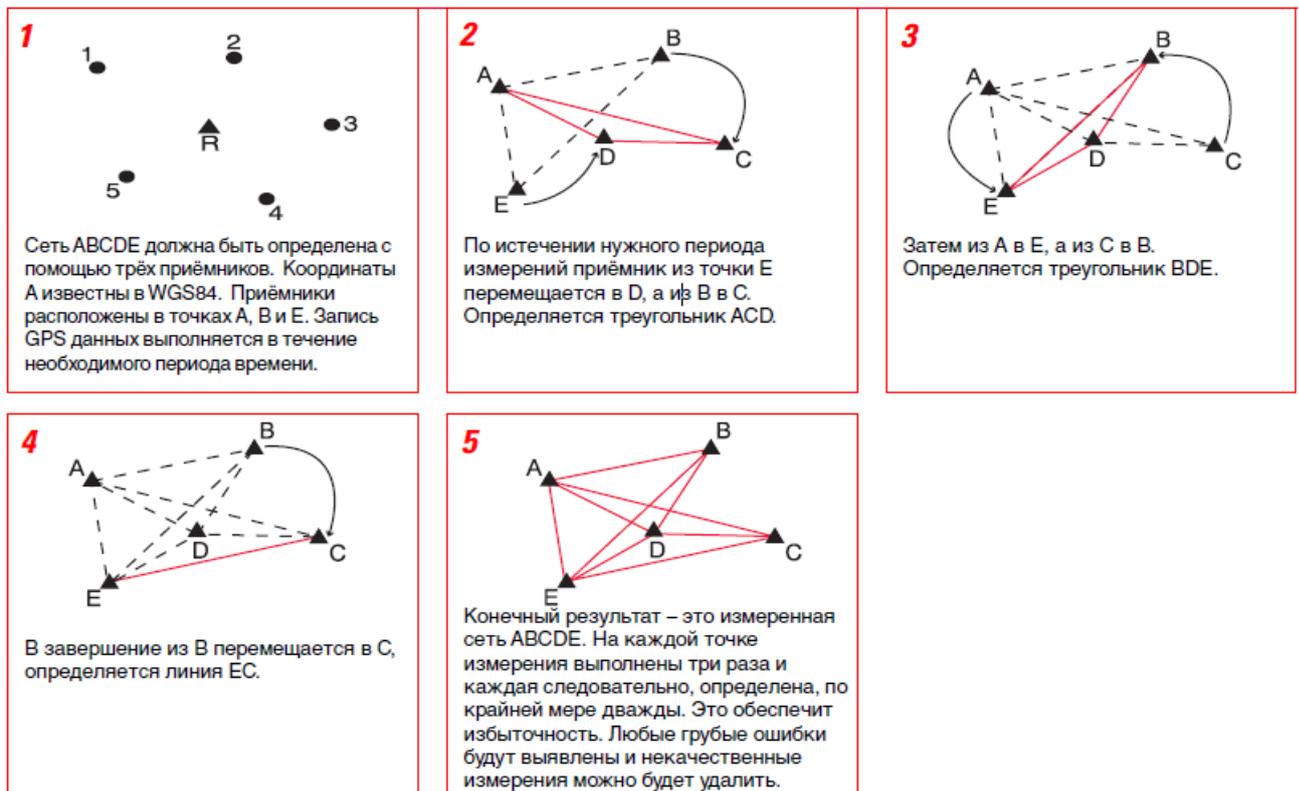
**Быстрая статика** - Используется для развития съёмочных сетей, сетей сгущения и т. д. Предлагает высокую точность на базовых линиях до 20 км - намного быстрее обычной статики.

**Кинематика** - Используется для топографической съёмки и для быстрого определения координат большого количества точек. Очень эффективный способ измерения большого количества близко расположенных точек. Однако если сигналы спутников преграждают различные препятствия: деревья, мосты, высокие здания и т. д., и при этом отслеживаются менее 4-х спутников, то приёмник должен быть повторно инициализирован, на что уйдёт 5-10 минут. Методика обработки называемая On-the-Fly (Непрерывно, «слёту»)) (OTF) призвана уменьшить это ограничение.

**РТК** – Для измерений кинематикой в реальном времени, используется радиомодем для передачи роверу спутниковых данных полученных базой. Этот способ позволяет вычислять координаты непосредственно в поле в реальном времени. Используется для того же, что и кинематика. Очень эффективный путь выполнения топографической съёмки, поскольку результаты будут получены сразу же после выполнения полевых работ. Эта методика, однако, полагается на радиосвязь, которая подвержена интерференции от других источников радиоизлучения, а также необходима прямая видимость между базой и ровером.

### 2.5.1 Статика.

Это был первый метод, разработанный для GPS измерений. Он может быть использован для измерений длинных линий (обычно 20 км (16 миль) и более). Один приёмник устанавливают на точке, координаты которой точно известны в системе WGS84. Он называется референц – станцией. Другой приёмник, расположенный на другом конце базовой линии называется ровером. Данные записываются обоими приёмниками одновременно. Важно выполнять запись данных каждым приёмником с одной и той же частотой (интервалом в записи данных). Обычно это 15, 30 или 60 секунд. Приёмники выполняют запись данных в течение некоторого отрезка времени. Этот период зависит от длины линии, числа наблюдаемых спутников и спутниковой геометрии (которую характеризует такой показатель как «снижение точности» или DOP). За правило считается, что статика должна выполняться в течение минимум 1 часа на линиях 20 км с пятью спутниками и преобладающим значением GDOP 8. Длинные линии требуют более длительного периода наблюдений. После достаточного накопления данных приёмники можно выключить. Затем ровер может перемещаться на следующую определяемую точку для измерения следующей базовой линии. Очень важно выполнить избыточные измерения в сети. Например, выполнить измерения на точках, по крайней мере, дважды или выполнить измерения дополнительных векторов, чтобы избежать проблем, которые иначе не были бы обнаружены. Намного увеличить производительность можно добавив ещё несколько роверов. Для увеличения эффективности при наличии трёх приёмников необходима хорошая координация между членами полевой бригады. Примеры приведены на следующей странице.



### 2.5.2 Измерения быстрой статикой.

При измерениях быстрой статикой выбирается база относительно которой работает один или более роверов. Как правило, быстрая статика используется для сгущения существующих сетей, создания съёмочных сетей и т. д. Если вам предстоит работать в районе где ранее никаких GPS измерений не производилось, прежде всего запланируйте измерения на пунктах местных геодезических сетей. Это позволит вычислить параметры трансформации и следовательно все точки определённые с помощью GPS в этом районе можно легко перевычислить в местную систему координат. Как было рассказано ранее должны быть выполнены измерения, по крайней мере, на 4-х пунктах с известными координатами по периметру района работ. Вычисленные параметры трансформации будут действительны для района охватываемого этими пунктами. База обычно устанавливается на исходном пункте, координаты которого могут быть включены в трансформацию. Если в вашем распоряжении нет никаких исходных точек, то она может быть установлена где-нибудь в пределах определяемой сети. Затем ровер перемещаясь посещает каждый из известных пунктов. Период измерений на каждой из точек зависит от длины базовой линии до базы и GDOP. Данные записываются, а затем обрабатываются в офисе. Затем, с целью выявления грубых ошибок должны быть выполнены контрольные измерения. Например, повторно от наблюдайте на точках, в другое время суток. При работе с двумя или более роверами, необходимо чтобы они работали одновременно. Это позволит в течение обработки использовать каждый приёмник на выбор либо как базу, либо как ровер, что является наиболее эффективным способом GPS измерений, но возникают трудности в синхронизации действий операторов приёмников. Другой способ получения избыточных измерений – это установка двух базовых станций и использование одного ровера для измерения на точках.

### 2.5.3 Кинематические измерения

Кинематическая методика обычно используется для топографической съёмки, регистрации траекторий движения транспортных средств и т. д., хотя с появлением RTK популярность этого метода уменьшается. Используется перемещающийся ровер, чьи координаты могут быть вычислены относительно базы. В начале ровер должен осуществить так называемую инициализацию, которая по существу является измерением быстрой статикой, что даёт возможность программному обеспечению в течение

постобработки разрешить неоднозначность. База и ровер включаются и остаются абсолютно в стационарном состоянии в течение 5-20 минут, собирая данные. Фактическое время зависит от длины базовой линии и числа наблюдаемых спутников). После измерений ровер может свободно передвигаться. Пользователь имеет возможность выбрать: записывать координаты с предварительно установленным интервалом в записи, записывать отдельные координаты или записывать комбинацию этих данных. Эта часть измерений обычно называется кинематической цепочкой. Выполнение инициализации между ровером и базой. Затем ровер может начать движение. Координаты могут быть записаны с предопределенным интервалом ... а также если нужно в отдельных точках. Основное на чём нужно сосредоточиться при выполнении кинематических измерений – это то, что не нужно проходить с ровером слишком близко к объектам, которые могут блокировать спутниковый сигнал. Если в любой момент число отслеживаемых ровером спутников снизится до менее, чем четырёх, то Вы должны остановиться, и выйти на место, где отслеживаются 4 или более спутников и снова выполнить инициализацию перед продолжением измерений.

Кинематика on-the-fly («с лёту»). Это вариант кинематических измерений, который позволяет преодолеть необходимость инициализации и последующей переинициализации, в случае потери приёма сигналов спутников. Кинематика «с лёту» – это метод обработки измерений в течение постобработки. В начале измерений, оператор сразу же может начать движение с ровером по заданной траектории и выполнять запись данных. Если ровер во время движения окажется под деревом и потеряет приём сигналов, система автоматически повторно инициализируется.

#### **2.5.4 RTK измерения.**

RTK – это кинематика в реальном времени. Кинематика on-the-fly, выполняемая в реальном времени. База снабжена радиомодемом, передающим данные, которые она принимает от спутников. Ровер также имеет радиомодем и принимает сигналы от базы. Ровер также принимает спутниковые данные непосредственно от спутников с помощью его собственной GPS антенны. Эти два набора данных могут быть совместно обработаны ровером для разрешения неоднозначности и получения очень точных координат относительно базы. Как только база будет установлена и начнёт передачу данных с помощью радиомодема, ровер может быть активизирован. После того, как он начнёт отслеживать спутники и принимать данные от базы он может начать процесс инициализации. Подобно инициализации, выполняемой в кинематике on-the-fly с постобработкой основное отличие заключается в том, что она выполняется в реальном времени. Как только инициализация завершится, неоднозначности будут разрешены и ровер может начать запись координат точек. В этот момент точность определения базовых линий будет на уровне 1 - 5 см. Важно поддерживать контакт с базой, иначе ровер может потерять определённую неоднозначность. Это приводит к потере точности результатов. Дополнительную головную боль Вы можете получить при измерениях вблизи различных препятствий блокирующих сигналы спутников - высокие здания, деревья и т. д. RTK быстро становятся общепользуемым методом выполнения измерений с высокой точностью на небольших участках и может быть использована для работ, для которых обычно используется тахеометр – топографическая съёмка, разбивка, и т. д. Радиосвязь. Большинство RTK GPS систем использует небольшие модемы УВЧ диапазона. Радиосвязь – это часть RTK системы, с которой большинство пользователей испытывают трудности. При попытке оптимизировать эффективность радиосвязи стоит обратить внимание на следующие факторы:

1. Мощность радио передачи. Вообще говоря, чем больше мощности, тем выше эффективность. Однако большинство стран юридически ограничивает выходную мощность радиопередатчиков до 0.5 - 2 Вт.
2. Высота антенны передатчика. На радиосвязь влияет прямая видимость между передатчиком и приёмником. Чем выше положение антенны, тем менее вероятный, что у вас возникнут проблемы с прямой видимостью. Это также увеличит дальность действия

передатчика. То же самое применимо и к принимающей антенне. Другие факторы, влияющие на качество радиосвязи, включают длину кабеля радиоантенны, (длинный кабель означает большие потери мощности сигнала) и тип используемой радиоантенны.

Таблица сопоставления методов измерения

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

## 2.6 Подготовка к измерениям.

Перед выходом в поле, геодезист должен подготовиться к измерениям. Основное на чём нужно сосредоточиться перечислено ниже:

1. Лицензии на пользование радиосвязью.
2. Электропитание оборудование.
3. Запасные кабеля.
4. Взаимосвязь между частями оборудования
5. Координаты референц-станции.
6. Карты памяти – имеете ли Вы достаточный объём памяти для записи данных?
7. График измерений. Первым делом нужно получить достаточный объём информации для определения параметров трансформации, затем нужно запланировать достаточное число избыточных измерений.

В течение измерений статикой и быстрой статикой, всегда заполняйте полевой журнал на каждый точке. Образец полевого журнала приведён на следующей странице.

В течение измерений статикой и быстрой статикой жизненно важно правильно измерить высоту антенны. Это один из наиболее часто встречающихся источников ошибок при выполнении GPS измерений. Измеряйте высоту антенну в начале и конце измерений на точке. В течение кинематических и RTK измерений антенну, обычно прикрепляют на вехе с фиксированной высотой. В течение измерений статикой и быстрой статикой, GPS антенна должна быть абсолютно неподвижной. Это также относится и к инициализации быстрой статикой кинематических измерений (но не к кинематическим измерениям on-the-fly или RTK измерениям). Любые смещения или вибрация антенны могут неблагоприятно сказаться на результатах.

Лист полевого журнала

**Пункт**

Полное название пункта	СГС-1		
Номер пункта	1290	Код пункта	<input type="checkbox"/> СГС-1

**Сохранение информации**

Интервал записи, сек.	20
№ карточки (для внешней памяти)	№ 16734

**Время работы**

Номер сеанса	I	
	Местная дата	Местное время
Включение	12.05.13 г.	7: 38
Выключение	12.05.13 г.	13:40
Сбои в работе приемника	(да/нет)	

**Высота антенны, м.**

	1	2	3	Среднее
До измерений	1,356	1,355	1,356	1,356
После измерений	1,355	1,355	1,356	1,355
Ориентирование антенны на истинный север	(да/нет)			

**Условия измерений**

Местное время	Кол-во спутников	DOP	Примечания
7:38	6/6	1,9	
10:22	7/7	1,8	
13:36	9/9	1,4	

### **Метеоданные**

Местное время	Погода	Температура	Давление	Влажность
7:40	ясная	+23	723	45%
13:22	ясная	+28	729	42%

## **2.7 Программное обеспечение для обработки спутниковых измерений**

Составной частью комплекта геодезических спутниковых приемников является программное обеспечение для планирования, управления, обработки и составления итогового отчета по данным спутниковых измерений.

### **2.7.1 Общие принципы обработки спутниковых измерений**

При геодезическом использовании СРНС GPS весь процесс обработки разбивается на две основные части:

- предварительная обработка, производимая в приемнике;
- постобработка, производимая в камеральных условиях (на базе полевой партии или в вычислительных центрах).

Постобработка является многовариантной и зависит, прежде всего, от поставленной задачи. В частности, на практике весьма часто используются следующие стратегии вычислительных процессов:

- определение отдельных векторов (базисных линий) и последующее их объединение в сети;
- вычисление результатов сеансов, полученных одновременно для многих станций;
- обработка данных, характерных для нескольких сеансов наблюдений.

Каждая фирма-изготовитель поставляет в комплекте спутниковых приемников свое программное обеспечение для обработки измерений, для которых характерно различие содержания и форма представления результатов. В результате этого возникла необходимость создания унифицированного формата представления данных, который не зависит от модели используемого приемника. Такой формат получил условное обозначение RINEX\*. Коммерческие программы также не позволяют получить максимально возможную точность, характерную для GPS, и производить обработку обширных геодезических сетей. Для устранения отмеченного недостатка разработаны универсальные "профессиональные программы", позволяющие производить поэтапную обработку данных с промежуточным анализом полученных результатов. Такие программы базируются на более строгом модельном представлении и рассчитаны на то, что работа с ними осуществляется высококвалифицированным персоналом. В качестве исходной информации при выполнении обработки используется поступающие с выходов GPS-приемников "сырые" данные, относящиеся, как правило, к одному сеансу наблюдений.

После сбора "сырых" данных они переводятся в формат, используемый программой обработки (например, в формат RINEX), и проверяются на наличие грубых ошибок. Информация, содержащаяся в передаваемых со спутника навигационных сообщениях, обычно отделяется от результатов наблюдений. В случае необходимости в нее может быть введена информация, содержащая уточненные данные об орбитах спутников (точные эфемериды).

После выполнения подготовительных операций выполняются решения отдельно для каждой станции (рис. 13). В результате такого решения в получаемую информацию вводятся поправки за влияние различных источников погрешностей (ионосфера, тропосфера и др.).

На следующем этапе вводится в действие основная программа обработки (рис. 14), базирующаяся на совместном использовании откорректированных результатов отдельных станций. При этом, как правило, применяется метод вторых разностей. При этом выявляется и устраняется не обнаруженные ранее пропуски фазовых циклов, а также выполняется разрешение неоднозначности фазовых циклов.

Главная задача основной программы обработки состоит в вычислении искомых значений координат точек стояния, длин векторов и других, интересующих потребителя, геодезических данных с оценкой точности их определения. Такая обработка может быть осуществлена как одного, так и для нескольких сеансов наблюдений.

На заключительной стадии может быть произведено уравнивание полученных результатов и выполнен в случае необходимости переход к местной (локальной) системе координат.

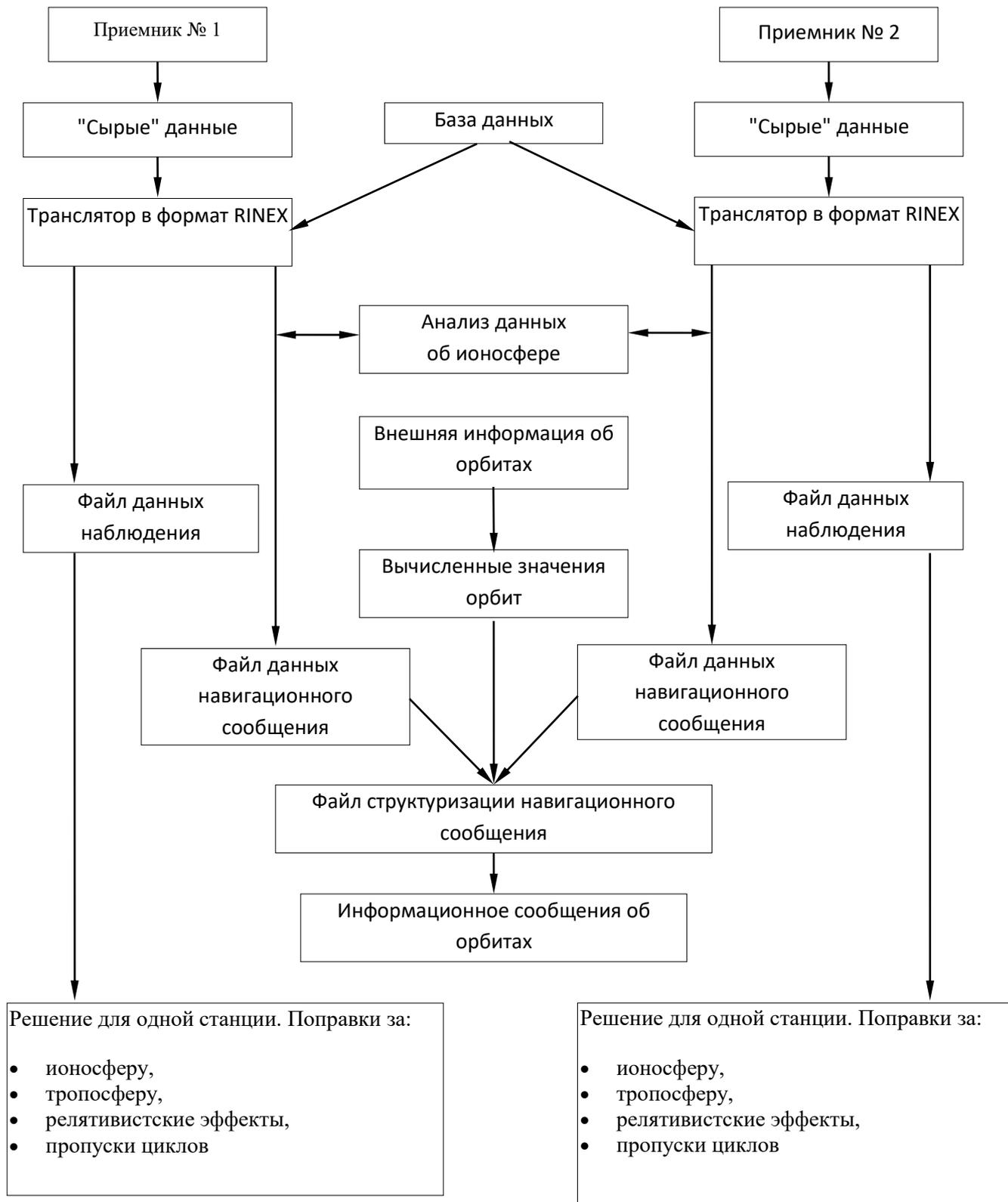


Рис 13

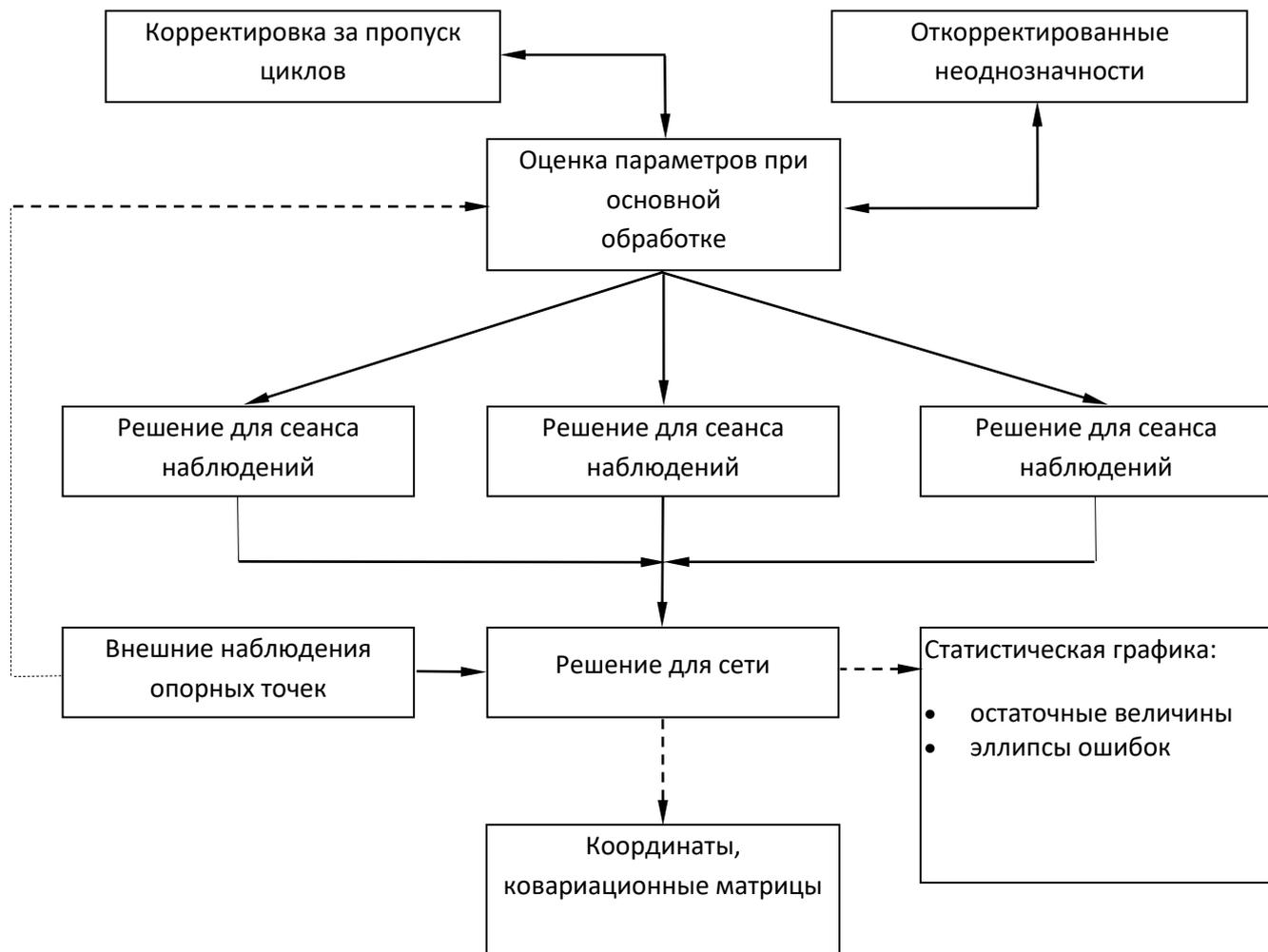


Рис. 14

### 2.7.2 . ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «LEICA LGO».

«LGO» является программным обеспечением, позволяющим обрабатывать измерения, выполненные с помощью системы Leica System-300, 500, 1200. «LGO» используется для обработки большого числа базисных линий, которые измерены в различных режимах работы. При этом не имеет значения, какой метод измерений использовался – статический, Stop&Go кинематика или кинематический – программа автоматически учитывает это и обеспечивает пользователя координатами всех пунктов.

Особенным свойством статических двухчастотных измерений является быстростатическая обработка данных, позволяющая получать результаты на сантиметровом уровне точности при измерении векторов до 10 км в течение нескольких минут.

Программное обеспечение «LGO» позволяет также обрабатывать данные, полученные при особом методе работы на местности – "реокупация" (или псевдостатический). Съёмка с повторением позволяет определять координаты пунктов по данным двух (или более) небольших интервалов наблюдений, выполненных с интервалом в один час и более.

«LGO» использует программную базу данных, позволяющую автоматически управлять всеми типами данных. Пользователь имеет возможность задать свою собственную структуру

данных посредством создания проекта. В один и тот же проект можно ввести любое количество данных, ограниченное ресурсами компьютера.

«LGO» находит наилучшее решение при совместной обработке дифференциальных кодовых и фазовых измерений. Для получения результатов с меньшей точностью можно использовать обработку только дифференциальных кодовых измерений.

«LGO» принимает данные измерений, поступающих от Leica System-300,500 и 1200 а также в формате RINEX. Данные могут передаваться через контроллер, считывающее устройство или дискеты. После пересылки данных к некоторому проекту или различным проектам они автоматически сохраняются в базе данных.

При нахождении в любой точке земного шара «LGO» обеспечит необходимой информацией по планированию полевых работ. Изображение небесной сферы с траекториями движения спутников, окна наблюдений спутников, их азимуты и углы возвышения, параметры GDOP и PDOP выдаются как в графической, так и в табличной формах.

Интерфейс с пользователем устанавливает связь между пользователем и компьютером. В качестве основы для интерфейса с пользователем используется операционная оболочка WINDOWS.

Во время работы «LGO» первая панель – строка основного меню содержит список меню вместе со всеми установленными программными блоками (включая установленные вспомогательные разделы). Эта панель содержит также информацию о версии инсталлированного программного обеспечения «LGO», вспомогательных разделах и лицензионный номер.

Полный список состоит из следующих разделов:

- Configuration (конфигурация);
- Preparation (предварительная подготовка);
- Project (управление проектами);
- Import (считывание, редактирование, запись "сырых" данных);
- Data Processing (обработка данных);
- View/Edit (просмотр/редактирование);
- Adjustment (уравнивание);
- Datum/Map (преобразование координат из одной системы в другую);
- Utilities (Сервисные программы);
- Help (подсказка).

**Configuration** позволяет настроить «LGO» в соответствии с требованиями пользователя: единицы измерений для ввода и вывода, местное время, заголовок для печати и др.

**Preparation** включает планирование работы на местности и программирование контроллера. Данный пункт меню позволяет получать на определенную дату и для определенного местоположения следующую графическую и табличную информацию:

- номера доступных спутников;
- количество доступных спутников;

- угол возвышения и азимут каждого спутника;
- показатель GDOP и PDOP каждого спутника;
- препятствия на пункте;
- траектории движения спутников.

Раздел **Project** включает действия с проектами. Он позволяет выбирать проекты из списка проектов, создавать новые проекты, а также уничтожать, копировать или перемешать старые проекты. Для каждого проекта может быть задан свой собственный заголовок для распечатки, а также значение временной зоны для работы в местной системе времени.

Раздел **Import** поддерживает следующие функции:

- импорт данных с карт памяти (с контроллера, считывающего устройства);
- импорт данных с дискет (в том числе резервных копий);
- корректировка информации, введенной оператором в поле, сортировка данных, распределение данных по различным проектам и хранение их в базе данных;
- формирование резервных копий;
- формирование формата системы RINEX.

Модуль **Data Processing** выполняет фактическую обработку GPS-измерений, результатом которой являются координаты в системе WGS84 с результатами точности определения. Обработка выполняется в пакетном и пошаговом режимах. Перед началом обработки данные должны быть выбраны из базы данных. Единственным ограничением на количество обрабатываемых в проекте точек является объем жесткого диска компьютера.

«LGO» выполняет обработку данных, полученных следующими методами измерений:

- статический;
- быстростатический;
- реокупация (псевдостатический);
- Stop&Go кинематика;
- кинематический;
- вычисление одиночного пункта.

Данные выбранного проекта можно просматривать и редактировать в графическом и цифровом виде, используя модуль **View/Edit**. Информацию, относящуюся к пунктам (идентификатор пункта, атрибуты, вынос фазового центра антенны, координаты и т. д.) можно просматривать и редактировать в любое время. Выбор фильтров позволит выводить на экран только пункты, удовлетворяющие определенным критериям.

Модуль **Adjustment** выполняет "увязку" измеренных векторов в однородную сеть и ее уравнивание методом наименьших квадратов. Имеется возможность свободного уравнивания и с несколькими исходными пунктами. В результате представляются уравненные координаты пунктов и статистическая информация.

Модуль **Datum/Map** используется для получения результатов в системе координат пользователя несколькими методами. Модуль состоит из следующих компонентов:

- библиотеки наборов координат, эллипсоидов, параметров трансформации и проекций;

- определение различных моделей геоида;
- определение различных типов параметров трансформации;
- представление различных типов трансформаций (3D, 2D и др.);
- использование картографических проекций;
- объединение программ вычисления картографических проекций, определенных пользователем.

Модуль **Utilities** содержит загрузочные модули для нового программного обеспечения для сенсора и контроллера. В случае расширения возможностей аппаратного программного обеспечения, новое программное обеспечение (на гибких дискетах) рассылается каждому зарегистрированному пользователю.

Модуль **Help** обеспечивает пользователя подсказкой в процессе работы. К ней можно обратиться через главное меню и в начале каждой основной компоненты каждого программного блока. Подсказка предназначена для неподготовленных пользователей или пользователей, имеющих небольшой опыт работы с программным обеспечением SKI.

**Альманах** Группа орбитальных грубых спутниковых данных используемых для вычисления координат спутника, времени восхождения, угла возвышения и азимута.

**Неоднозначность** Неизвестное целое число циклов восстановленной фазы несущей, содержащееся в непрерывной серии измерений от отдельного спутника до отдельного приёмника.

**Атмосферная задержка** распространения сигнала Запаздывание сигнала спутника в тропосфере земли.

**Азимут** Горизонтальный угол измеренный по часовой стрелке от направления (например, северного направления меридиана).

**Базовая линия** Длина трехмерного вектора между парой точек, на которых были выполнены одновременные GPS измерения и обработаны дифференциальными методами.

**Направление** Термин, используемый в навигации для описания угла между опорным направлением (например, географическим меридианом, магнитным меридианом, осевым меридианом зоны) и траекторией движения.

**C/A код** GPS код Грубого / Захвата, модулированный (наложенный) на GPS сигнал L1. Это последовательность 1023 псевдослучайных двоичных двухфазных модуляций на несущей GPS с частотой 1.023 МГц, таким образом период повторения кода одна миллисекунда.

**Декартовы координаты** Координаты точки в пространстве по трём взаимно перпендикулярным осям (x, y, z) от начала координат.

**Несущая** Радиоволна, имеющая, по крайней мере, одну характеристику (например, частота, амплитуда, фаза), которая может быть изменена с помощью модуляции.

**Несущая частота** Частота немодулированного фундаментального выходного сигнала радиопередатчика. Несущая частота GPS L1 - 1575.42 МГц, несущая частота GPS L2 - 1227.60 МГц.

**Чип** Интервал времени нуль или единица в коде бинарного импульса

**Частота чипа** Число чипов в секунду (например, C/A код:  $1.023 \cdot 10^6$  cps)

**Код** Система, используемая для связи, в которой произвольно выбранные строки нулей и единиц принимают определённые значения.

**Сегмент Управления** Наземные службы системы GPS, эксплуатируемые Американским Правительством, которые отслеживают спутниковые сигналы, определяет орбиты спутников, и закладывают эфемериды в память спутников.

**Угол отсечки (маска)** Минимальный угол возвышения, ниже которого спутники GPS больше не отслеживаются приёмником.

**DGPS** Дифференциальные GPS измерения. Термин, обычно используемый для GPS измерений, в которых используются дифференциальные поправки для достижения более высокой точности определения координат (0.5 - 5 м), чем при измерениях в автономном режиме.

**Снижение точности (DOP)** Описание чисто геометрического вклада в неопределенность вычисления координат. Коэффициент DOP указывает на геометрическую строгость созвездия спутников во время измерений. Стандартные члены в случае GPS измерений это:

GDOP три координаты плюс смещение часов.

PDOP три координаты

HDOP две плановые координаты

VDOP только высота

TDOP только смещение часов

HTDOP плановые координаты и время.

**Смещение Доплера** Очевидное изменение в частоте полученного сигнала из-за скорости

изменения дальности между передатчиком и приёмником.

**Эксцентриситет** Отношение расстояния от центра эллипса до его фокуса к главной полуоси.

$$e = (1 - b^2/a^2)^{1/2}$$

где  $a$  и  $b$  – это главная и малая полуоси эллипса, соответственно.

Превышение (отметка)

Высота над геоидом.

**Эллипсоид** В геодезии, если не определено иначе, математическая фигура, образованная

вращением эллипса вокруг его малой полуоси (иногда также называется сфероидом). Две величины определяют эллипсоид: длина главной полуоси  $a$  и сжатие  $f$ .

**Эллипсоидальная высота** Вертикальное расстояние от эллипсоида до точки над ним.

**Эфемериды** Список координат или местоположений астрономического объекта в зависимости от времени.

**Эфемеридная ошибка** Разность между фактическим положением спутника и положением, предсказанным по спутниковым орбитальным данным (эфемеридам).

**Эпоха** Отдельный зафиксированный момент времени, используемый в качестве опорной точки на шкале времени.

**Фундаментальная (основная) частота** Основная частота, используемая в GPS - 10 23 МГц, частоты несущей  $L1$  и  $L2$  – это произведения неких целых чисел на основную частоту:

$$L1 = 154F = 1575.42 \text{ МГц}$$

$$L2 = 120F = 1227.60 \text{ МГц}$$

**GDOP** Геометрическое снижение точности.

**Геодезические координаты** Координаты, определяющие положение точки относительно эллипсоида.

**Геодезические координаты** – это либо широта, долгота и эллипсоидальная высота, либо Декартовы (пространственные прямоугольные) координаты

**Геодезический референц-эллипсоид** Математическая модель, предназначенная для наилучшего представления части или всего геоида. Определяется эллипсоидом и зависимостью между эллипсоидом и точкой на топографической поверхности принятой за начало координат данного референц-эллипсоида. Эта зависимость, может быть определена шестью величинами, в основном (но не обязательно) геодезической широтой, долготой и высотой начала координат, двумя составляющими отклонения отвеса в начале координат и геодезическим азимутом линии от начала координат до некоторой другой точки.

**Геоид** Эквипотенциальная поверхность, которая совпадает со средним уровнем моря, а на суше может быть продолжена под континенты. Эта поверхность – всюду перпендикулярна к направлению силы тяжести.

**Геоидальная высота** Превышение геоида Расстояние от поверхности референц-эллипсоида до геоида измеренное по нормали к эллипсоиду.

**GPS время** Непрерывная система времени, основанная на Универсальном Синхронизированном Времени (среднее время по Гринвичу) (UTC) начиная с 6-ого января 1980.

**Ионосферная задержка** Волна, распространяющаяся через ионосферу (которая является неоднородной и рассеивающей средой) задерживается. Фаза зависит от насыщенности ионосферы электронами и воздействует на несущие сигналы. Групповая задержка зависит от рассеяния, а также модуляции сигнала (коды). Фаза и групповая задержка имеют одно и то же значение но с противоположными знаками.

**Часовой пояс** Часовой пояс = Местное время - Гринвичское Среднее время (GMT). Заметьте, что Гринвичское Среднее время приблизительно равно GPS времени.

**Топография** Форма земной поверхности, в каком либо районе.

**Трансформация** Процесс преобразования координат из одной системы в другую.

**Transit** Предшественник GPS. Спутниковая навигационная система, которая эксплуатировалась с 1967 по 1996 г.

**Всемирное время** Локальное солнечное среднее время на Гринвичском меридиане

**UTM** - Универсальная Поперечная проекция Меркатора. Форма поперечной проекции Меркатора. Проекция состоит из различных зон, каждая шириной 6° с масштабом на осевом меридиане 0.996. Используемая зона зависит от местоположения на земле.

**Y-код** Зашифрованная версия P-кода, который передается спутником GPS, находящимся в режиме шифрования кодовых данных.

**WGS84** Всемирная Геодезическая Система 1984. Система, к которой относятся все GPS измерения и результаты обработки.

**Зенитное расстояние** Вертикальный угол с 0° в горизонте и 90° непосредственно над головой (в зените).

### Примеры уравнения программы «LGO»

Точка	x (север)	y (восток)	Эл. высота	Отм.	Фикс
WAUE	606827,613m	1828553,594m	-7,959m	24,950m	
1000	606845,429m	1828658,603m	-7,828m	25,076m	
1001	606868,164m	1828783,890m	-7,529m	25,369m	
NE COR	607141,000m	1828740,356m	-9,853m	23,039m	
NW COR	607071,970m	1828503,076m	-10,587m	22,319m	
4000	606862,569m	1828650,689m	-8,331m	24,573m	
4001	606855,431m	1828602,114m	-8,310m	24,596m	
4002	606857,170m	1828601,701m	-7,371m	25,536m	
4003	606855,823m	1828594,599m	-8,402m	24,505m	

Точки: ИГД для уравнивания: WGS-84

Фикс  
 2D  
 Эл. высот  
 Отм.

Плоскость  Реф-эллипсоид  WGS-84

## Уравненные геодезические координаты

Ошибки исходя из 1,96σ.

Точка	Широта	Ошибка	Долгота	Ошибка	Высота	Ошибка	Фикс.
KTOM	37°27 18,40165 N	0,789m	122°25 49,14447 W	0,785m	3,353m	29,252m	
WAVE	37°26 48,09295 N	0,489m	122°26 15,87335 W	0,494m	-4,518m	29,250m	
MOON 2	37°26 20,29455 N	0,000m	122°26 34,63874 W	0,000m	-7,120m	29,247m	Шир. Долг. у
N 245	37°26 43,65099 N	0,906m	122°25 41,24847 W	0,894m	-0,669m	29,272m	
COWBOY	37°27 17,78225 N	0,000m	122°26 39,89509 W	0,000m	-11,705m	29,255m	Шир. Долг. у

## Уравненные измерения

**NAD 1983 (Conus)**

### GPS измерения

Группа GPS трансформации: <GPS по умолч.>

Разворот : 0°18 05,5222 (1,96σ) : 0°01 14,1637

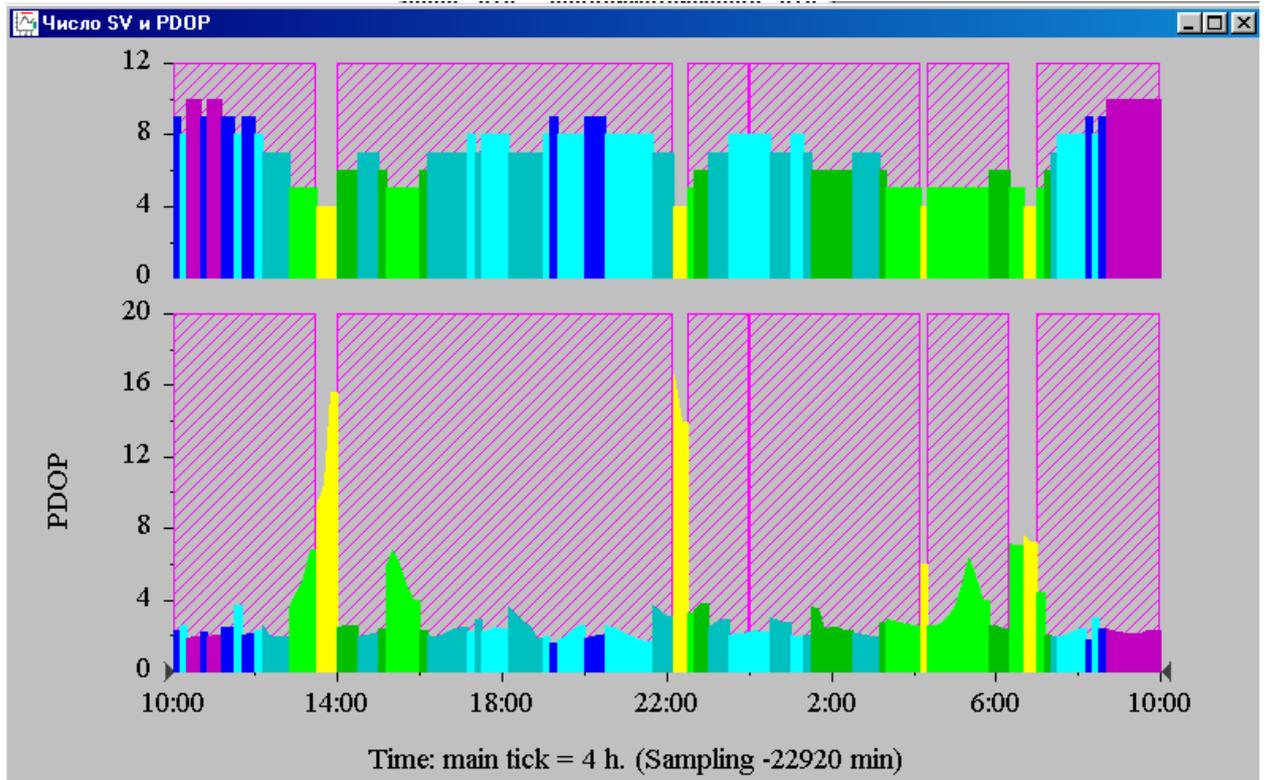
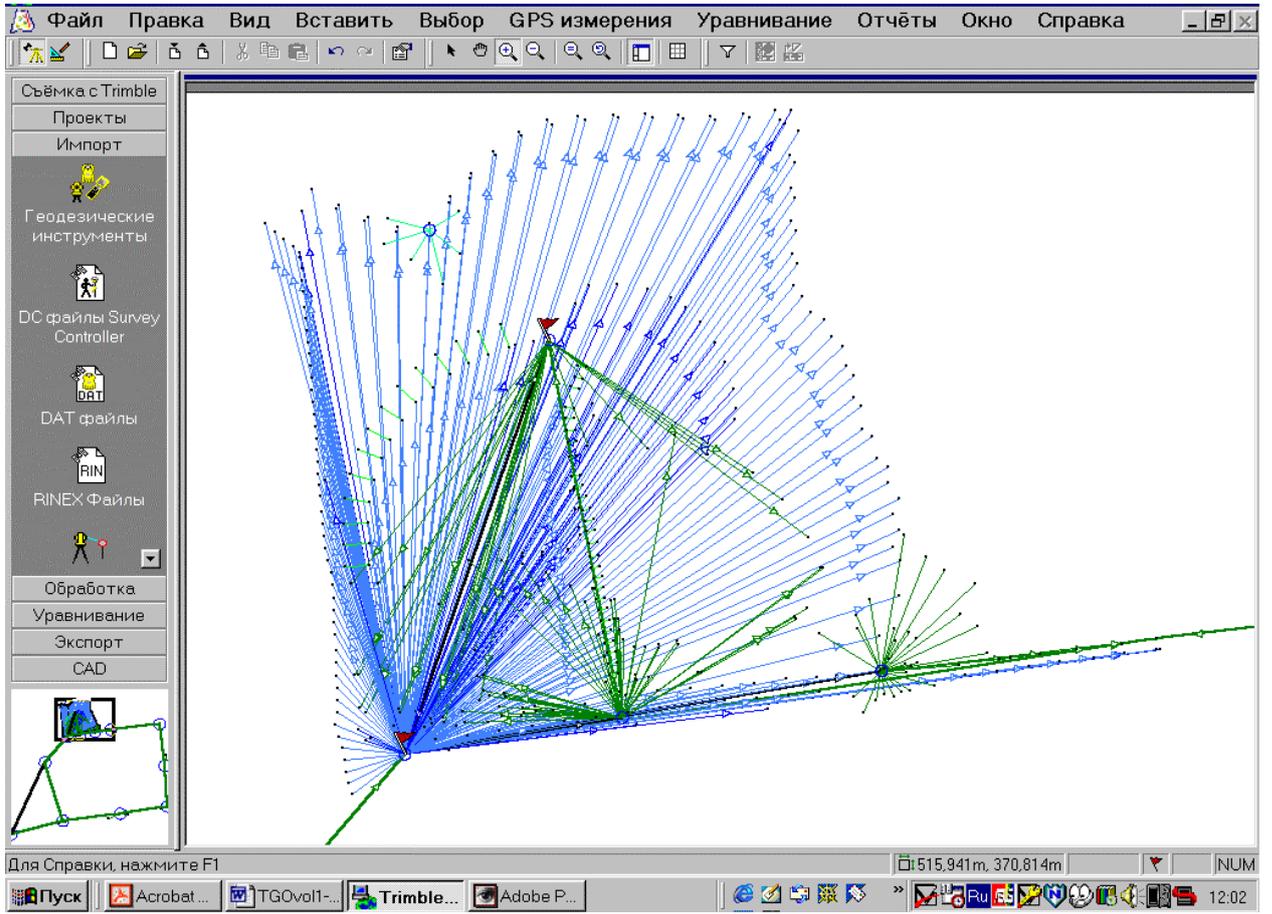
Масштаб сети : 0,98870893 (1,96σ) : 0,00037407

Число измерений : 19

Число выбросов : 0

Уравненные измерения (Критическое Tau = 3,72). Все выбросы обозначены **красным**.

Изм. ID	От точки	До точки		Измерение	Апостериорная ошибка (1,96σ)	Поправка	Норм. поправка
B62	WAVE	1001	Az.	78°53 42,4732	0°36 16,2892	0°04 05,0679	0,26
			ΔHt.	0,726m	3,837m	0,296m	0,42
			Расст.	232,981m	2,276m	-0,870m	-0,93
B4	WAVE	COWBOY	Az.	327°28 45,3684	0°02 11,4262	0°00 52,9749	0,50
			ΔHt.	-7,320m	1,376m	-0,150m	-0,14
			Расст.	1076,914m	0,661m	0,370m	0,81
B10	KTOM	COWBOY	Az.	269°25 43,3974	0°01 51,9063	0°00 59,7228	0,61



## ГЛАВА 3

### ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

#### 3.1 Техника безопасности в полевых условиях

Все виды полевых работ должны выполняться в строгом соответствии с требованиями Правил по технике безопасности на топографо-геодезических работах. ИТР допускаются к работе только после сдачи экзаменов по технике безопасности. Рабочие должны пройти инструктаж по правилам безопасного ведения работ на базе экспедиции и в конкретных условиях на месте ведения работ. Все рабочие должны пройти медицинское освидетельствование на предмет пригодности для работ в условиях жаркого климата.

При производстве полевых работ в летний период следует принимать меры предосторожности от солнечных тепловых ударов и общего перегрева организма. Все работники должны быть обучены оказанию первой медицинской помощи.

Автомашины, предназначенные для полевых работ, должны быть в исправном состоянии и оборудованы для перевозки людей. Особое внимание следует уделить подбору водительского состава.

При работе на трассах дорог и улиц необходимо надевать маскирующие жилеты, а при интенсивном движении транспорта - выставлять сигнальщики.

Важнейшим условием соблюдения установленных требований техники безопасности является строгая трудовая дисциплина.

#### 3.2. Охрана окружающей среды.

В Конституции Республики Узбекистан охрана окружающей среды возведена в ранг государственной политики. В ней четко определено – земля, недра, вода, растительный и животный мир и другие природные ресурсы являются общенациональным богатством, подлежат рациональному использованию и охраняются государством. Интенсивная хозяйственная деятельность человека, урбанизация, использование водных ресурсов без учета их воспроизводства – все это привело к ухудшению экологической обстановки в целом по всем направлениям – земельные и водные ресурсы, фауна и флора.

Охрана и рациональное использование природных ресурсов является одной из важнейших задач, так как для достижения устойчивого развития общества экологическая безопасность является одним из основных компонентов в сочетании с экономическим благополучием и социальной защитой.

Узбекистан расположен в центре Евразии, вдали от морей и океанов и является одним из крупнейших районов орошаемого земледелия. Наличие благоприятных климатических условий, земельно – водных и трудовых ресурсов обусловило развитие здесь таких отраслей хозяйства, как хлопководство, овощеводство, садоводство, виноградарство, характерных для зоны сухих субтопиков. Лимитирующим фактором развития республики в указанных направлениях является недостаток водных ресурсов.

Основными источниками поверхностного стока республики являются бассейны рек Сирдарья и Амударья, суммарный средний многолетний сток которых составляет 115,6 км кубических, Сирдарья - 37,14 км куб. доля водных ресурсоформирующихся непосредственно на территории Узбекистана, равна: по бассейну Амударья 6%, Сирдарья – 16%, в целом по республике - 8% от их суммарного стока. Как видно, в отношении обеспечения водными ресурсами Узбекистан находится в неблагоприятных природных условиях.

В условиях аридной зоны с ростом численности населения увеличивается антропогенная нагрузка на природные ресурсы. По оценкам специалистов, с учетом тенденции роста населения, предполагается, что последствия глобального и регионального изменения климата на территории Узбекистана приведут в 2030 году к увеличению потерь воды на 10-15% за счет испарения с водной поверхности и на 10-20% из-за возрастания транспирации растениями, что вызовет увеличение безвозвратного водопотребления в среднем на 18% с соответствующим ростом водозабора. Поэтому одной из актуальнейших проблем в Центральноазиатском регионе является количественно и качественное управление трансграничными реками, освоенными практически полностью, и стратегическая значимость которых в жизнеобеспечении выявляется наиболее контрастно.

В проблеме охраны и рационального использования растительного и животного мира важную роль отводят заказникам и заповедникам, а также другим охраняемым природным территориям.

В целях определения планомерного изъятия биологических ресурсов необходимо иметь информацию об их величине, вести учет, чтобы не нанести ущерба популяции некоторых видов животных и растений. Все это требует разработки специальной системы мониторинг состояния как самих объектов биоразнообразия, так и природной среды.

Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 3 апреля 2002 года №111 утверждено «Положение о государственном мониторинге окружающей природной среды в Республике Узбекистан», в котором установлены основные принципы ведения работ в системе государственного мониторинга, определены его цели и задачи. Координация деятельности министерств, ведомств и органов хозяйственного управления в этой области возложена на Государственный комитет Республики Узбекистан по охране природы. Для более эффективной координации деятельности разработана комплексная система управления информацией по окружающей среде Узбекистана. Одним из важнейших элементов этой системы являются экологические индикаторы (критерии), по которым комплексно оценивается экологическая ситуация по стране и по отдельным регионам.

Узбекистан, будучи членом международных природоохранных организаций, участвовал в заключении ряда договоров в сфере охраны окружающей среды.

Одним из результатов экологической политики Республики Узбекистан стало улучшение качества окружающей среды на территориях с повышенной степенью риска для здоровья человека и стабилизация экосистем.

## ГЛАВА 4

### 4.1 Планово – производство выполненных работ.

**Основание для производства работ** – Программа Государственной Инвестиции на 2001 - 2015 гг. «Построение высокоточной Государственной космической спутниковой геодезической сети Республики Узбекистан и ее оснащение автоматизированными средствами измерений и контроля», «Государственная целевая программа по использованию спутниковых навигационных систем GPS (США) и Глонасс (Россия), для топографо-геодезического и кадастрового обеспечения территории Республики Узбекистан»,

**На объекте проектируются следующие виды работ:**

- закладка центров пунктов СГС-1;
- определение планового и высотного положения пунктов СГС-1.

**Назначение работ** – создание исходной основы для последующего построения спутниковой геодезической сети (СГС) Республики Узбекистан.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

Административная принадлежность территории - Навоийская область Республики Узбекистан.

Географическое расположение объекта – долина реки Заравшан и ее притоков.

Рельеф - равнинный, понижающийся с севера на юг.

Гидрография - река Заравшан, многочисленная сеть оросительных каналов, коллекторов, арыков.

Растительность - степная и полупустынная, в культурной зоне - сады, виноградники, посевы хлопчатника.

Населенные пункты - областной центр Навои, районные центры Навои, Конимех, Кызылтепа, и множество сельских населенных пунктов.

Дорожная сеть - представлена железными дорогами, шоссейными дорогами с асфальтовым покрытием, соединяющими между собой населенные пункты, множество грунтовых дорог.

Грунты - суглинистые, глинистые и супесчаные.

Физико-географические особенности - климат резкоконтинентальный с большими колебаниями сезонных и суточных температур, малым количеством осадков и большой сухостью летом.

Продолжительность полевого периода - 8,0 месяцев.

### **Техническое обоснование дипломной работы**

Настоящая дипломная работа предусматривает создание спутниковой геодезической сети 1 класса, которая будет являться исходной основой для развития геодезических сетей последующих классов и поддержания их на необходимом уровне точности.

СГС-1 представляет собой геодезическое построение со средними расстояниями между пунктами 20-30 км, состоящее из системы удобных и легко доступных для практического использования пунктов и создается отдельными фрагментами, которые связываются между собой через систему РГП и СГС-0.

Размещение пунктов СГС-1 выполняется с учетом равномерного распределения их по территории объекта.

СГС-1 обеспечивается связью с существующей астрономо-геодезической сетью (АГС) и государственной нивелирной сетью I и II классов через совмещение части ее пунктов с пунктами АГС и нивелирными реперами или привязки к ним.

Пункты СГС-1 привязываются к ближайшим пунктам АГС со средней квадратической погрешностью не более 2 см по каждой плановой координате.

Для обеспечения связи с существующей главной высотной основой, пункты СГС-1 привязываются к ближайшим фундаментальным реперам нивелирования I класса методом высокоточного нивелирования.

Пункты СГС-1 закрепляются на местности группой равнозначных по точности центров, состоящей из основного и двух контрольных (рабочих) центров.

Основной центр является носителем координат СГС-1. Контрольные центры предназначены для контроля стабильности положения основного центра, а также для использования в качестве рабочих центров для производства геодезических работ.

Взаимное расположение основного и контрольных (рабочих) центров должно обеспечивать возможность выполнения необходимых геодезических измерений для контроля их взаимного положения.

Основной центр оборудуется устройством для принудительного центрирования.

**Дипломной работой предусмотрена определение геодезических координат пунктов СГС-1 методом спутниковых измерений.**

Для этого предусматривается проведение спутниковых наблюдений на пунктах СГС-1 и выполнение привязочных работ. Так же все пункты СГС-1 будут связаны непосредственными измерениями с постоянно действующими пунктами РГП и пунктами СГС-0, которые будут служить исходными для определения координат пунктов СГС-1 в Системе координат WGS-84.

GPS - измерения произведены статическим методом 2-х частотными приемниками GS-10 и SR-520 производства компании Leica (Швейцария) со штатными антеннами Choke Ring с отслеживанием в автоматическом режиме всех видимых спутников по 12 независимым каналам.

Все спутниковые геодезические приемники прошли метрологическую аттестацию и признаны пригодными для выполнения измерений в спутниковых геодезических сетях всех классов.

При плановой привязке пунктов СГС - 1 параметры приемников установлены следующие:

интервал записи данных - 30 сек;

минимальный угол возвышения спутников над горизонтом - 15°;

минимальное количество спутников необходимое для записи данных - 4.

GPS - измерения на пунктах произведены при числе спутников  $n > 4$ , PDOP < 4 и продолжительностью сеансов измерений 6 часов, с перерывами между сеансами 2 часа.

Центрирование антенны приемника и измерение ее вертикальной высоты произведены с точностью 1 мм (с помощью оптического центрира и рулетки, входящих в комплект приемника).

Плановая привязка пунктов СГС - 1 с исходных пунктов триангуляции выполнена отдельными фрагментами, с установкой на пунктах СГС-1 с принудительным центрированием антенны типа Choke Ring AT-504 и на пунктах триангуляции антенны Leica AT-502 и Leica AS10.

Центрирование антенны приемника и измерение ее вертикальной высоты на пунктах триангуляции производились с точностью 1мм (с помощью оптического центрира и рулетки, входящих в комплект приемника).

Плановая привязка рабочих центров с исходных пунктов СГС-1 выполнена с установкой на пунктах СГС-1 с принудительным центрированием антенны типа Choke Ring и на рабочих центрах антенны, входящей в комплект приемника. Центрирование антенны приемника и измерение ее вертикальной высоты производились с точностью 1 мм (с помощью оптического центрира и рулетки, входящих в комплект приемника).

Совместные GPS – измерения на пунктах СГС-1 и пунктах триангуляции произведены в 2 сессии с продолжительностью каждой 4 часа и перерывами между ними 4 часа.

При выполнении GPS – измерений на пунктах РГП, СГС-0, СГС-1 и пунктах триангуляции через каждые 2 часа снимались и записывались в журнал установленного образца показания метеоприборов (атмосферное давление, температура сухого и влажного воздуха) и показания приемников (количество спутников и PDOP).

Исходными при плановой привязке пунктов СГС-1 служили пункты Север СГС-0, Южный СГС-0, Запад - РГП и Восток - РГП, координаты которых в системе WGS-84 г.

Предварительная обработка и уравнивание совместных измерений на пунктах СГС-1, СГС-0 и РГП четыре сессий выполнена по программе «LGO», в системе координат WGS - 84 г.

Предварительная обработка совместных измерений двух сессий на пунктах СГС-1 и рабочих центрах выполнена по программе «LGO», в системе координат WGS - 84 г

Наблюдения ведутся 2-х частотными спутниковыми приемниками Leica с антеннами типа Choke Ring одновременно 4-мя бригадами.

Продолжительность спутниковых измерений на каждом пункте СГС-1 – два (или более) сеанса по 6 часов каждый, количество спутников, с которых выполняется запись измерений - не менее 5, интервал записи – 30 секунд, минимальный угол возвышения спутников (угол отсечки)-  $15^{\circ}$ . Перерыв между сеансами должен быть не менее 2-х часов.

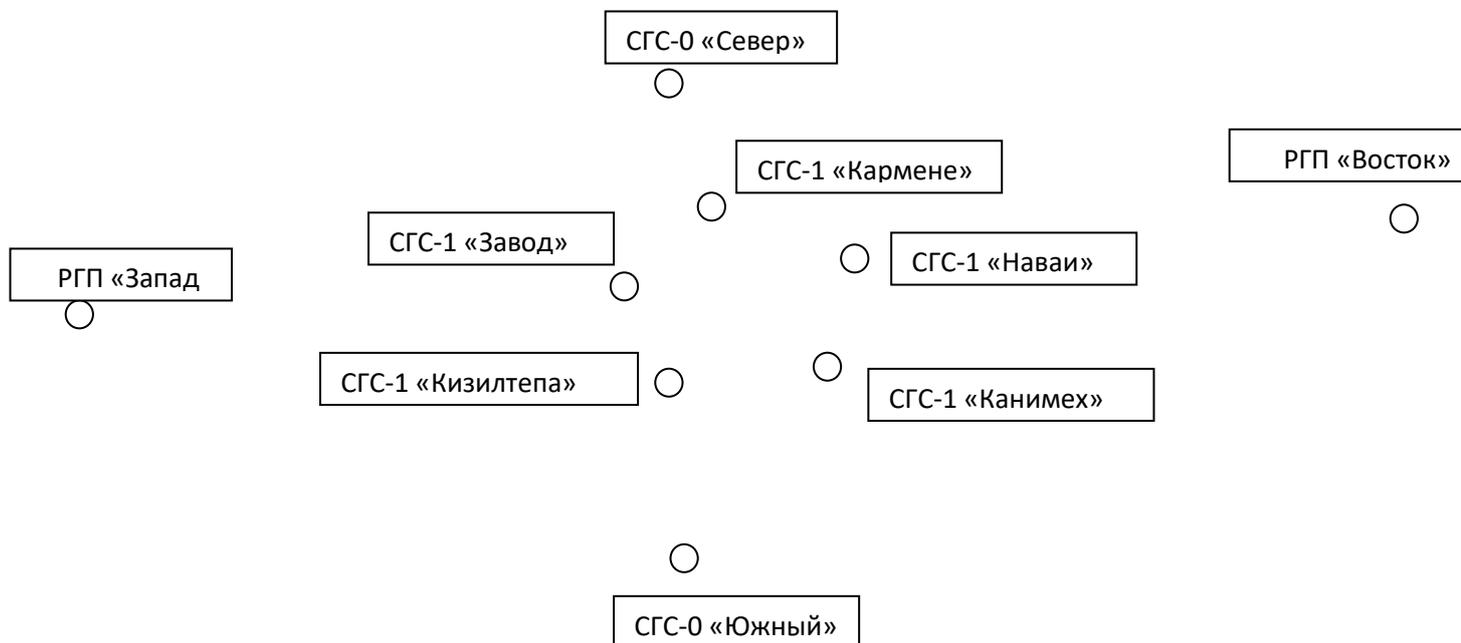
При выполнении спутниковых наблюдений на всех пунктах через каждые 2 часа производится определение метео данных: давления, температуры сухого и влажного воздуха.

Предварительная обработка наблюдений производится ПО «LGO».

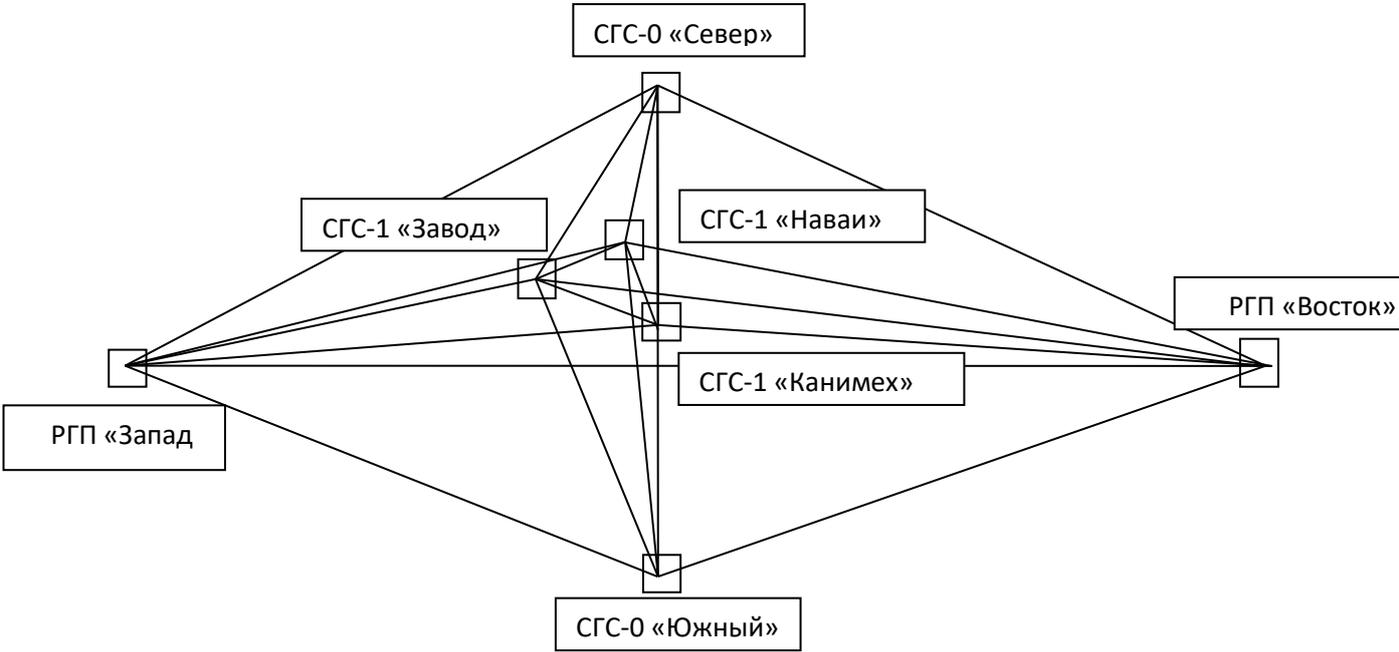
Материалы наблюдений будут храниться на CD дисках в форматах «Rinex» в двух экземплярах с приложением к ним текстовой части, где будут отражены все данные для каждого пункта:

- 1) Тип, № приемника;
- 2) Тип, № антенны;
- 3) Журналы наблюдений;
- 4) Данные о результатах калибровки антенн.

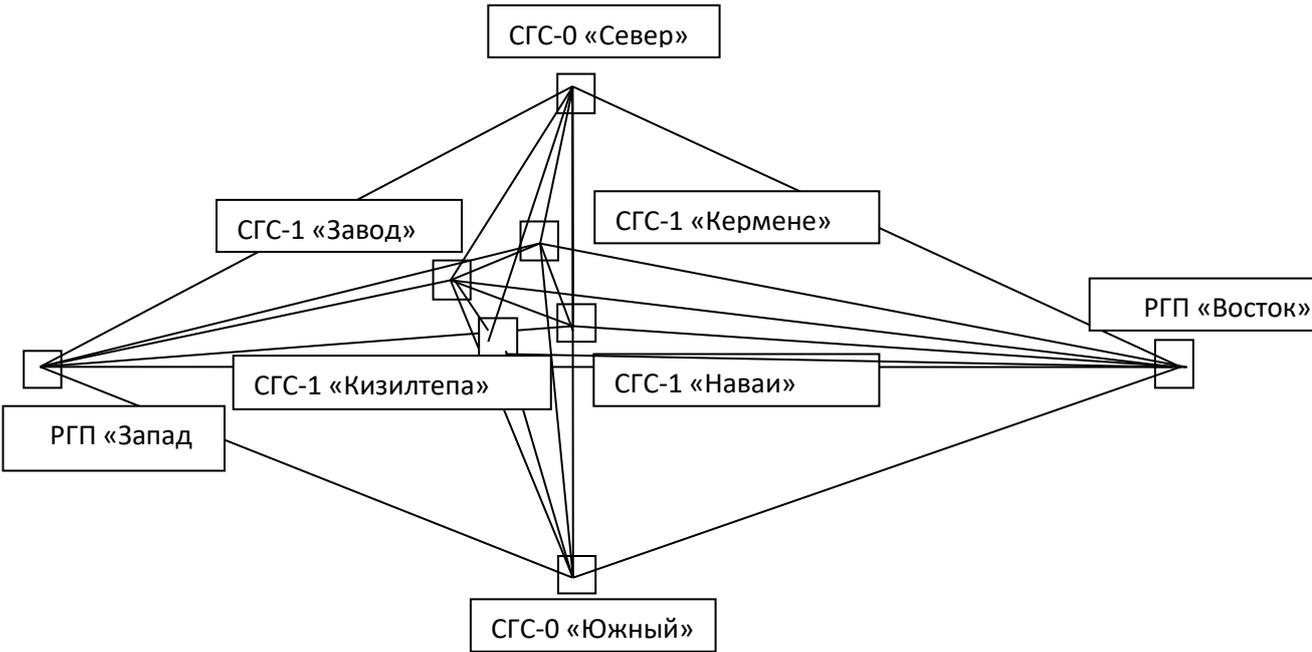
Схема расположение исходных пунктов и определяемых пунктов на объекте



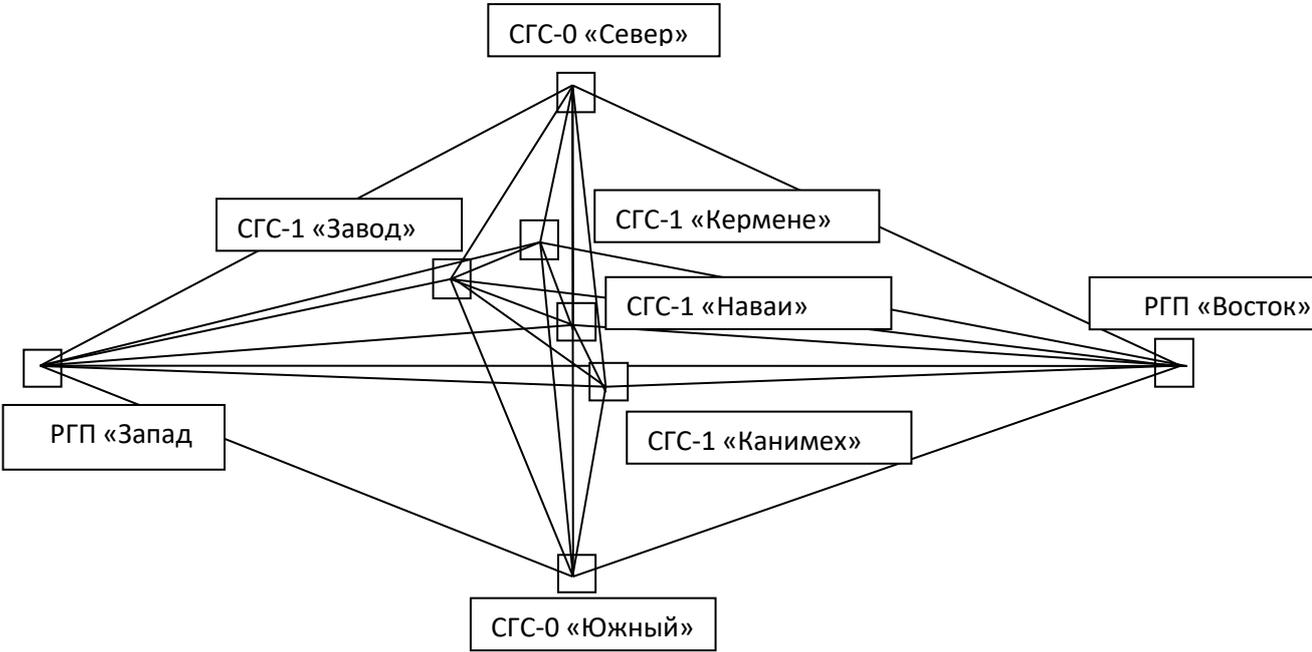
**Схема  
GPS измерений на пунктах СГС-1( сеанс-1 )**



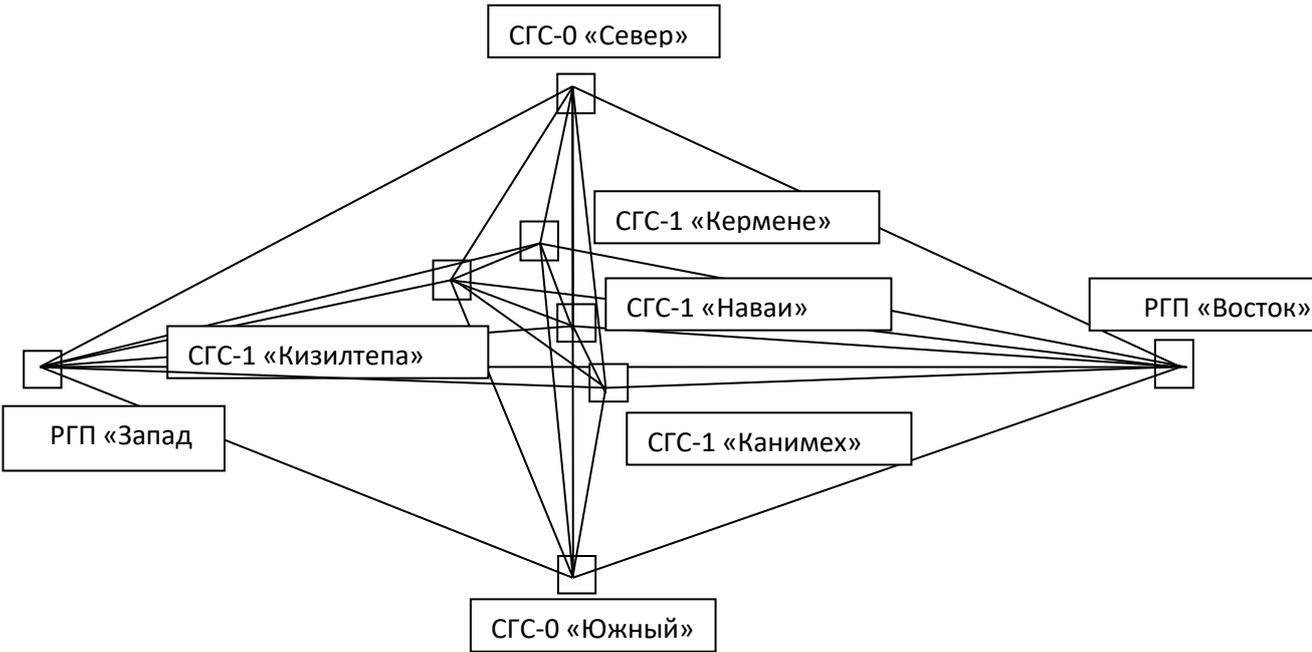
**Схема  
GPS измерений на пунктах СГС-1( сеанс-2 )**



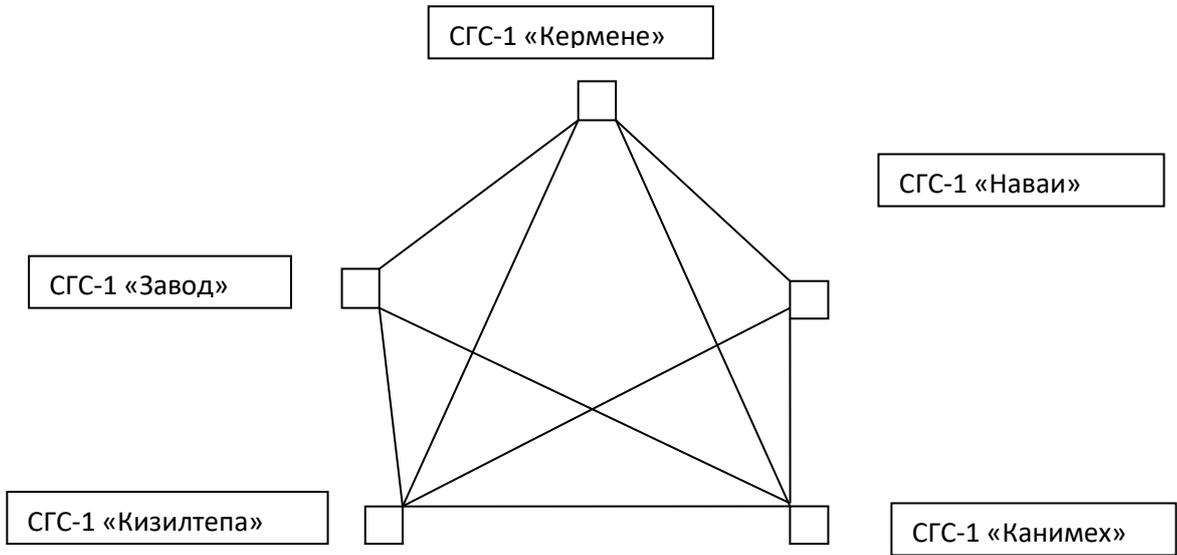
**Схема  
GPS измерений на пунктах СГС-1( сеанс-3 )**



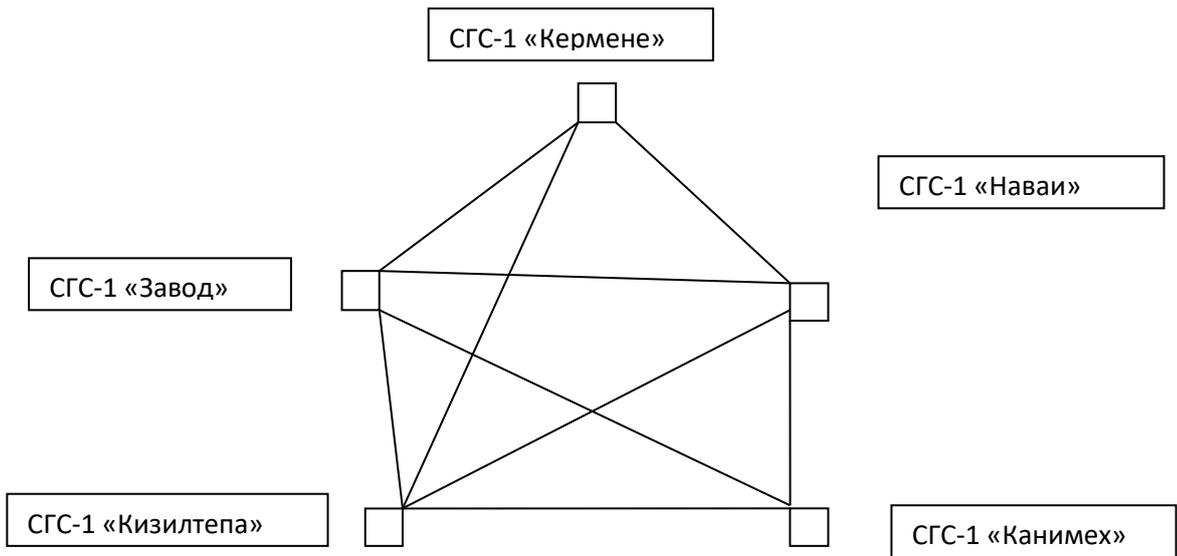
**Схема  
GPS измерений на пунктах СГС-1( сеанс-4 )**



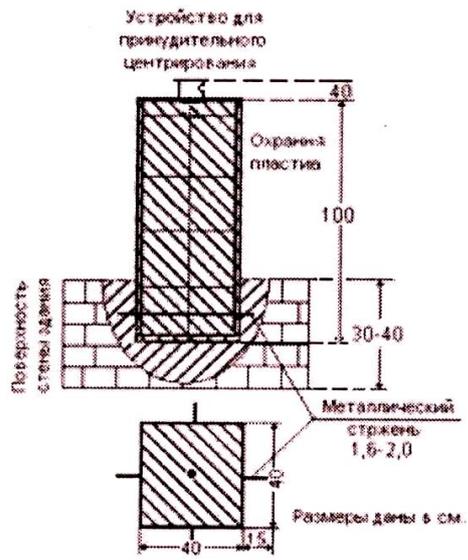
**Схема**  
**GPS измерений на пунктах СГС-1( сессия 1 )**



**Схема**  
**GPS измерений на пунктах СГС-1( сессия 2 )**



# ЧЕРТЕЖ ТИПОВ ЦЕНТРОВ



192

## Список спутниковых геодезических приемников и их основные технические характеристики

Фирма изготовитель, тип и номер приемника	Программное обеспечение приемника (навигационное)	Точность определения базисных линий			количество каналов	тип принимаемого сигнала	объем хранимой информации	Антенна геодезическая		Питание	
		по ХУ (в плане)	по Н (высоте)	по А (азимуту)				тип и h фаз. центра	радиус антенны	напряжение (В)	Емкость (А/ч)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Leica GS-10</b> №1530868 №1530645 №1530838 №1530646 №1530813 №1530833 №1530829 №1530782 №1530842 №1530632	GS встроенное (GS_xx.fw)	5 мм±0,5ppm	10мм±0,5ppm	0.15" 1".5/ D км	12	C/A, P L1, L2	8000 часов шаг 15 сек.	Leica AT-504 L1=110,0 мм L2=128,0 мм	0,1897 м	12В	4400
								Leica AS-10 L1=58,5 мм L2=55,5 мм			

<b>Leica SR-520</b> SN <sub>№</sub> 2766 SN <sub>№</sub> 20320	SKI-Pro	5 мм ±1ppm	1 см ±2ppm	1" ±(5L)"	12	C/A, P L1, L2	8 MB 40час	Leica AT-502 L1=68,3мм L2=71,2мм	0,160 м	12B	2000
<b>Ashtech</b> Z-Surveyor FX UX №420002305	UGOO	5мм+1мм · Dкм	10мм+2мм·Dкм	0.15" 1".5/ D км	12	C/A, P L1, L2	10 MB	Ashtech 701945-RevC 701945C_M L1=109.0мм L2=127.9мм	0.1945 м 0,1897 м	10-28 B	60 A/ч

**Таблица**  
**Перемещения GPS приборов по объекту.**

Номер сеанса	Номер бригады	Направление перемещения приборов	
		сессия 1	сессия 2
1	1	Кермене	Кермене
	2	Завод	Завод
	3	Кизилтепа	Кизилтепа
	4	Канимех	Навои
2	1	Кермене	Завод
	2	Завод	Кизилтепа
	3	Кизилтепа	Канимех
	4	Навои	Навои

**Список исходных пунктов**

№ п	Название исходного пункта, вид знака	Класс	Источник, откуда выписаны координаты
1	Север, пир.	2	Каталог координат и высот геодезических пунктов, объект "гор. Навои"
2	Южный, пир	2	Каталог координат и высот геодезических пунктов, объект "гор. Навои"
3	Восток, пир.	1	Каталог координат и высот геодезических пунктов, объект "гор. Навои"
4	Запад, пир.	1	Каталог координат и высот геодезических пунктов, объект "гор. Навои"

**Каталог координат пунктов РГП, СГС -0 и СГС-1**

**Система координат WGS-84**

№№ пп	Название пункта	Координаты, в. м		Высота над уровнем моря, м
		X	У	
1	Север	66°17'.10	20°10'.12	339.125
2	Южный	65°25'.12	20°14'.12	340.579
3	Восток.	66°20'.19	19°14'.12	339.454
4	Запад	66°40'.30	15°30'.17	344.221
5	Кермене	65°10'.10	20°20'.10	338.500
6	Завод	65°17'.32	20°18'.18	346.600
7	Навои	65°11'.25	20°21'.32	348.850
8	Кермене	65°13'.41	20°31'.46	343.132
9	Кизилтепа	65°12'.52	20°21'.32	334.835

# Каталог координат пунктов РГП, СГС -0 и СГС-1

## Система координат местная

№№ пп	Название пункта	Координаты, в. м		Высота над уровнем моря, м
		X	Y	
1	Север	356131,110	11934017,371	339.125
2	Южный	261828,471	11966834,797	340.579
3	Восток.	341650,184	11860892,153	339.454
4	Запад	307253,139	11566397,908	344.221
5	Кермене	236314,076	11982578,753	338.500
6	Завод	196857,926	11943422,497	346.600
7	Навои	274448,457	12018256,998	348.850
8	Кермене	241991,199	12019341,101	343.132
9	Кизилтепа	158401,803	11949103,729	334.835

## Обзор топографической съемки

Название проекта: Проект1  
 Космическая референцная система: WGS 84  
 Часовой пояс: (GMT+05:00) Ташкент  
 Единицы линейных измерений: Метры

## Сведения о системе координат

### Система координат

Имя: WGS 84  
 Тип : Географическая  
 Имя единицы: Радианы  
 Радиан на единицу : 1  
 Вертикальный датум: Эллипсоид  
 Вертикальная единица : Meters  
 Метров на единицу : 1

### Датум

Имя: WGS 84  
 Имя эллипсоида: WGS 84  
 Большая полуось: 6378137.000 м  
 Обратная величина сжатия: 298.257223563  
 DX в WGS84 : 0.0000 м  
 DY в WGS84 : 0.0000 м  
 DZ в WGS84 : 0.0000 м  
 RX в WGS84 : 0.000000 "  
 RY в WGS84 : 0.000000 "  
 RZ в WGS84 : 0.000000 "  
 ppm в WGS84 : 0.000000000000

## Регистрируемые точки

Имя	Компоненты	95%		Статус
		Ошибка	Статус	
керм	Долг. 66° 34,12' E	19.600	Рассчит.	
	Шир. 19° 51,20' N	19.600	Рассчит.	
	Эллипс. высота 342.062	19.600	Рассчит.	
кизи	Долг. 66° 35,22' E	19.600	Рассчит.	
	Шир. 19° 24,29' N	19.600	Рассчит.	
	Эллипс. высота 342.857	19.600	Рассчит.	
заво	Долг. 66° 38,11' E	19.600	Рассчит.	
	Шир. 19° 15,22' N	19.600	Рассчит.	
	Эллипс. высота 345.440	19.600	Рассчит.	

## Файлы

Имя	Время запуска	Выборка	Моменты наблюдения	Размер (Кб)	Тип
кермене.08o	08/03/02 10:10	15	1201	744	L1/L2 GPS
кизилтепа.08o	08/03/03 10:00	15	1081	670	L1/L2 GPS
завод.08o	08/03/04 09:50	15	1080	668	L1/L2 GPS
канимех.08o	08/03/05 09:45	15	961	591	L1/L2 GPS

## Наблюдения

Место	Антенна Тип	Антенна Высота	Высота Тип	Приемник Тип	Время запуска	Имя файла
корм	LEIAT504	0.360	Вертикальная	UNKNOWN	08/03/02 10:10:30	07530620.08o
кизл	LEIAT504	0.360	Вертикальная	UNKNOWN	08/03/03 10:00:30	07630630.08o
заво	LEIAT504	0.360	Вертикальная	UNKNOWN	08/03/04 09:50:30	07630640.08o
кани	LEIAT504	0.360	Вертикальная	UNKNOWN	08/03/05 09:45:30	43640650.08o

### 4.2 Структура затрат на производство топографо – геодезических затрат.

Стоимость производство топографо – геодезических работ состоит из затрат на собственно производство работ и затрат на организационно – ликвидационные работы. В свою очередь затраты на собственное производство работ и затраты организационно – ликвидационные работы состоит из основных расходов и накладных расходов. Основные расходы могут быть рассчитаны на единицу продукции по каждому процессу и состоит из отдельных статей. Инструкцией о порядке составления смет на производство топографо-геодезических работ установлено следующее содержание статей основных расходов.

1. “Основная заработная плата производственного персонала” входит основная заработная плата производственных инженерно – технических работников и рабочих; надбавки за районный коэффициент в размере от 15 до 100%; надбавки за высокогорность в размере 10% ; надбавки за работу в безводных районах в размере от 10 до 40% и премии, рассчитанные в соответствии с действующими положениями.
2. “Дополнительная заработная плата производственного персонала” включаются предусмотренные действующим законодательством о труде выплаты производственному персоналу за нерабочее время ( очередные и учебные отпуска, выходные пособия и т.п.) затраты на дополнительную заработную плату рассчитывают в следующих размерах от основной производственной заработной платы; для ИТР на полевых работах – 8,7%, для ИТР на камеральных работах – 6,4%, для рабочих - 4,2%.
3. “ Начисления на заработную плату производственного персонала” включаются отчисления на социальное страхование от основной и дополнительной заработной платы производственного персонала в размере 4,8%.
4. “ Полевое довольствие производственного персонала” включаются затраты по выплате полевого довольствия производственному персоналу в размере 40 -50% от заработной платы в зависимости от района производства работ.
5. “ Материалы” входят затраты на метериалы, используемые непосредственно при производстве работ ( цемент, гвозди, трубы, лесоматериалы, журналы, бланки, чертежно – канцелярские материалы и др.), рассчитанные по действующим нормам расхода материалов.
6. “Траспорт производственный” включаются затраты на содержание собственного транспорта полевых бригад и начальников партий, а также стоимость аренды наемного транспорта.
7. “Амортизация производственных инструментов, приборов и оборудования” входит амортизационные отчисления в установленных размерах от стоимости основных фондов, используемых непосредственно на топографо – геодезических работах.

8. “Износ малоценных инструментов и предметов снаряжения” включаются расходы по износу малоценных инструментов и предметов снаряжения, не числящихся в основных фондах.

Накладные расходы не могут быть рассчитаны на единицу продукции. К накладным расходам относятся затраты на содержание управленческого и административно – хозяйственного персонала предприятий.: на содержание и ремонт зданий и транспортных средств; расходы по охране труда и технике безопасности, содержанию охраны, почтово – канцелярские и другие расходы.

На основе норм труда, тарифной системы, форм и систем заработной платы организуется оплата труда. Предприятиях применяется сдельная и повременная форма оплаты труда.

Сдельная форма основана на оплате труда в прямой зависимости от его результатов, выраженных в производственной продукции и выполненных операциях.

Повременная оплата применяется на тех процессах, где техническое нормирование не представляется возможным или целесообразным в связи с частым изменением содержания и последовательности работ.

Структура основных производственных фондов в целом производству составляет

1. Здания и сооружения – 26,9%
2. Оборудования – 10,1 %
3. Точные приборы и инструменты – 35,7 %.
4. Транспортные средства – 20,2 %.
5. Прочие основные фонды - 7,1 %.

Основные фонды учитываются в натуральном и стоимостном выражениях. Основные фонды в целом, их состояние и технология использования определяют технический уровень производства. Его повышение достигается за счет мероприятий по внедрению новой техники и передовой технологии. Проведение этих мероприятий требует капитальных затрат. Поэтому важно определять экономическую эффективность от внедрения новой техники и прогрессивной технологии и размером годового экономического эффекта.

Срок окупаемости, т.е. время в годах, в течение которых окупается расходы на внедрения ( $T$ ), определяется по формуле

$$\dot{O} = \frac{\hat{E}_2 - \hat{E}_1}{\tilde{N}_1 - \tilde{N}_2},$$

где  $K_1$  и  $K_2$  - капитальные затраты по базовому и внедряемому вариантам, приведенные к одинаковому объему производства;  $C_1$  и  $C_2$  – себестоимость годового объема продукции по тем же вариантам.

Полученный срок окупаемости ( $T$ ) сравниваются с нормативным ( $T_n$ ), который принимают равным 7 годам ( $T_n = 7$ ). Если рассчитанный срок окупаемости окажется ниже нормативного, внедрение экономически выгодно. Размер годового экономического эффекта ( $\mathcal{E}$ ) определяется по формуле

$$\dot{Y} = (\tilde{N}_1 - \tilde{N}_2) - \dot{A}_t (\hat{E}_2 - \hat{E}_1),$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности, величина, обратная нормативному сроку окупаемости ( $E_n = 0,14$ ).

Оборотные средства разделяют на группы, соотношение которых образует структуру оборотных средств. Структура оборотных средств в целом предприятия составляет:

1. Материалы, топливо и запасные части - 37,4%

2. Малоценные и быстроизнашивающиеся предметы - 60,5 %
3. Промышленные и продовольственные товары - 1,7%
4. Расходы будущих периодов и подотчетные суммы - 0,4%.

Оборотные средства в процессе производства совершают кругооборот: затраченные на приобретение оборотных фондов оборотные средства вновь поступают в распоряжение предприятия после реализации продукции. Этот процесс называют оборачиваемостью оборотных средств. Сокращение периода оборота оборотных средств - важная экономическая задача. Для оценки оборачиваемости оборотных средств используют показатели: число оборотов (коэффициент оборачиваемости) и время оборота (оборотность в днях). Для расчета числа оборотов нужно объем работ в сметной стоимости разделить на среднюю сумму оборотных средств. Для определения времени оборота нужно число дней в отчетном периоде (его принимают равным за год 360, а квартал 90 дней) разделить на число оборотов.

Нормативы отчислений в фонды устанавливаются стабильными на ряд лет. Чем большую прибыль будет планировать и получать каждое предприятие, тем большие суммы будут поступать в фонды экономического стимулирования. Нормативы отчислений в фонды экономического стимулирования устанавливаются с таким расчетом, чтобы фонд материального поощрения составлял 9% от общего фонда заработной платы, фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства - 2,8% от общего фонда заработной платы, а фонд развития производства - 0,75% от средней годовой стоимости основных производственных фондов.

Совершенствование уровня плано-экономической работы осуществляется в настоящее время путем использования в планировании экономо-математических методов и компьютерных технологий.

## Смета

### На производство геодезических, топографических и картографических работ

**Тема: «Создание спутниковой государственной сети сгущения в Навоинской области».**

**Таблица №4.6**

п/п №	Вид работ, наименование работ в порядке технологической последовательности	Номер				Сметные нормативы						
		Террит. зоны или категория трудности	Сметных нормативов	Примечание к расценке	Таблиц указ. сметных расценок	Всего	Поправочные Коэф.	В том числе зарплата				
								специалистов	Поправочные коэффициенты	рабочих	Поправочные коэффициенты	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Обследование пунктов триангуляции	3	1.18.8	СЦ 2009г.	табл1.3 п.16	34566	1.1	3680	1.1	4675	1.1	
2	Обследование и восстановление ственных реперов и марок	1	2.2.34	СЦ 2009г.	табл1.3 п.16	13826	1.1	1492	1.1	2089	1.1	
3	Обследование и восстановление грунтовых реперов	3	2.2.21	СЦ 2009г.	табл1.3 п.16	44165	1.1	4377	1.1	8753	1.1	
4	Рекогносцировка пункта СГС-1 ( 1 основной, 2 рабочих центра)	1	1.1.7	СЦ 2009г.	табл1.3 п.16	63263	1.1	10494	1.1	11737	1.1	
5	Изготовление УПЦ		Данные бухгалтерии				75560,7					
6	Закладка центров типа 192 с УПЦ	6	2.6.60	СЦ 2009г.	табл1.3	128316	1.164	6913		23077	1.321	
7	Изготовление центров типа 155	2	1.20.1	СЦ 2009г.	табл1	40832		647		1393		
8	Закладка рабочих центров типа 155	5	1.21.5	СЦ 2009г.	табл1.3	60826	1.164	5073		14572	1.1	
9	Установка чугунного колпака	2	1.21.22	СЦ 2009г.	табл1.3	15368	1.164	1194		2636	1.321	
10	Спутниковые определение координат пунктов СГС-1	2	1.2.4	СЦ 2009г.	табл1.3 п.16	842212	1.1 1.164	131499	1.1	80869	1.1 1.321	
11	Плановая привязка пунктов триангуляции и рабочих центров	2	1.2.4	СЦ 2009г.	табл1.3 п.16	842212	1.1 1.164	131499	1.1	80868	1.1 1.321	
12	Предварительная обработка и уравнивание СГС-1		6.3.1	СЦ 2009г.	табл1 п.16	11837	1.1	6416	1.1			

13	Уравнивание СГС-1		6.3.1	СЦ 2009г.	табл1 п.16	11837	1.1	6416	1.1		
14	Составление технического проекта		6.6.1	СЦ 2009г.	табл1.3 п.16	61213 8	1.1	329992	1.1		
15	Составление технического отчета		6.5.1	СЦ 2009г.	табл1.3 п.16	21386	1.1	11489	1.1		
	Метрологическое обеспечение 2%										
<b>Всего по объекту:</b>											

Продолжение таблицы № 4.6

п/п №	Сметные нормативы с учетом поправочных коэффициентов			Районные надбавки к основным расходам от суммы	Цена единицы	Объем в натуральном выражении		Всего по производству	Затраты на производство организационно-ликвидационных мероприятий	Итого по смете, тыс.сум		
	Всего	Зарплата				Ед.из	Всего			Основные расходы	Накладные расходы	Всего
		Специалист	Рабочих									
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	38023	4048	5143	1710	39733	пункт	13	516,529	72,314	588,843	194,318	783,161
2	15209	1641	2298	733	15942	репер	5	79,710	11,159	90,869	29,987	120,856
3	48582	4815	9628	2686	51268	репер	9	461,412	64,598	526,01	173,583	699,593
4	69589	11543	12911	4548	74137	пункт	30	2224,11	311,375	2535,485	836,710	3372,195
5						УПЦ	5					377,804
6	149360	6913	30485	6956	156316	пункт	5	781,580	109,421	891,001	294,030	1185,031
7	40832	647	1393	379	41211	комп	10	412,110		412,110	135,996	548,106
8	70801	5073	19250	4524	75325	пункт	10	753,250	105,455	858,705	283,373	1142,078
9	17888	1194	3482	870	18758	копак	10	187,580	26,261	213,841	70,568	284,409
10	1078368	144649	117511	48762	1127130	пункт	9	10144,17	1420,184	11564,354	3816,237	15380,591
11	1078368	144649	117511	48762	1127130	пункт	23	25923,99	3629,359	29553,35	9752,605	39305,95
12	13021	7058		1313	14334	пункт	69	989,046		989,046	326,385	1315,431
13	13021	7058		1313	14334	пункт	30	430,020		430,020	141,907	571,927
14	671352	362991		67516	740868	проект	1	740,868		740,868	244,486	985,354
15	23525	12638		2351	25876	пункт	15	388,140		388,140	128,086	516,226
												133,777
											66722,493	

#### **4.4 Пояснительная к сметным расчетам.**

Полевые работы, предусмотренные проектом, будут выполняться на автомобильном транспорте.

Бригады выезжают на объект полностью укомплектованные ИТР и рабочими.

Доставка оборудования, снаряжения, продовольствия, ГСМ и материалов осуществляется автомобильным транспортом из города Самарканда.

Расчет сметной стоимости полевых и камеральных работ выполнен по «Сборнику цен (СЦ) на геодезические, топографические и картографические работы» 2009 г., введённому в действие приказом Госкомземгеодезкадастра от 4.01.2010 г. № 2а.

При расчёте по СЦ применялись коэффициенты, предусмотренные Общими положениями СЦ.

На территории объекта действует районная надбавка 15% к заработной плате специалистов и рабочих, согласно Приказу ГУГиК от 27.12.1984 года № 672п. Поправочный коэффициент к нормативу заработной платы составляет 0,186 согласно Указаниям по применению цен и нормативов СЦ 2009 г., пункт 17, таблица 1.

К ценам и нормативам на все виды работ, где используются материалы ограниченного пользования, применён коэффициент 1.1, согласно Указаниям по применению цен и нормативов СЦ 2009 г., п. 16.

К ценам и нормативам заработной платы рабочих применены коэффициенты согласно Указаниям по применению цен и нормативов СЦ 2009 г., пункт 21, таблица 3 и пункт 23.

Норма накладных расходов (расходы периода) составляет 33% согласно приказу Госкомземгеодезкадастра от 29.06.2001 г. № 40.

Расходы на метрологическое обеспечение установлены в размере 2 % ( $k=1,02$ ), согласно пункту 9.

Начислено 14 % (Приказ Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР от 19.01.1987 г. за № 27п, приложение 1) на расходы по проведению организационных и ликвидационных мероприятий, в соответствии с пунктом 6.

Продолжительность полевого периода - 8 месяцев.

#### **Заключение**

Работа выполненная на данному объекте, по своему содержанию и точности соответствуют требованиям нормативно-технических документов. В настоящее время используя спутниковые системы определение координат высокой точностью можно развивать геодезическую основу со средней квадратической погрешностью  $5 \text{ мм} + D \cdot 10^{-6}$ , координаты одиночного приёмника могут быть определены со средней квадратической погрешностью 10 м. Данная система позволяет работать в любое время суток и в любую погоду.

Ясно, что объединенная ценность Цифровой Земли и Цифровых Городов является колоссальным для мирового сообщества, не только с точки зрения социально-экономической, но и в таких целях как при управлении кризисами и предупреждении кадастроф.

Сети Референц Станций и предлагаемые ими сервисы, предоставляют геодезические контрольные координаты необходимые для высокоточного позиционирования, так же как и обслуживание различных задач, как для режимов реал тайм, так и для пост обработки. Деятельность такой сети как фундаментальной инфраструктуры означает, что она может поддержать строительство цифрового города, так же как и его обслуживание, обновление и расширение.

Строительство Цифровых Городов - Оцифровывание, является тенденцией в развитие современного города в Узбекистана. Успешное построение Системы Постоянно Действующих Референц Станций ГНСС Наваи, уже вносит огромный вклад в городское планирование, строительство и управление нового Наваи, ускоряя тем самым прогресс населения Цифрового Города Наваи, усиливая таким образом управление информацией по всему городу.

С продолжением строительства цифровых городов, ответственные административные органы и цифровые архитекторы должны быстро и ясно определить как Сети Референц Станций и их сервисы должны быть созданы, распространены и обслужены - это поможет гарантировать, что существенные преимущества предлагаемые инфраструктурой сетей референц станций будет использована эффективно и продуктивно.

### Литература

- 1) Государственная целевая Программа по использованию спутниковых навигационных систем GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) для топографо-геодезического и кадастрового обеспечения территории Республики Узбекистан – Ташкент: НЦГиК, 1999.
- 2) Единая государственная система геодезических координат 1995 года (СК-95). Справочный документ. – М., 2000.
- 3) Закон Республики Узбекистан о геодезии и картографии.
- 4) Основные положения о государственной геодезической сети России (проект). – М.: ЦНИИГАиК, 2000.
- 5) Основные положения о государственной геодезической сети СССР. – М.: Геодезиздат, 1961.
- 6) Программа государственной инвестиции на 1999-2001 гг. "Построение высокоточной государственной космической спутниковой геодезической сети Республики Узбекистан и ее оснащение современными автоматизированными средствами измерений и контроля". – Т.: Узгеодезкадастр, 1998.
- 7) Программа модернизации и развития государственной нивелирной сети I и II классов на территории Республики Узбекистан на период 2001-2015 гг. – Т.: Узгеодезкадастр, 2001.
- 8) Руководящий технический материал по построению государственной спутниковой геодезической сети I класса с применением спутниковых навигационных систем. – Т.: Узгеодезкадастр, 1999.
- 9) РТМ по применению спутниковых геодезических приемников для создания и реконструкции сетей сгущения – Т.: Узгеодезкадастр, 1999. С. 13-16.
- 10) Хофманн-Велленхоф Б., Лихтенэгер Х., Коллинс Дж. Глобальная система определения местоположения. Теория и практика – Шпрингер-Ферлаг, Вена, Нью-Йорк, 1992. – С. 14-15.
- 11) Генике А. А., Побединский Г. Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999. С. 25.
- 12) Серапинас Б. Б. Введение в ГЛОНАСС и GPS измерения. – Ижевск, 1999. С. 21-23.
- 13) Болдин В. А., Зубинский В. И. и др. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС – М.: ИПРЖР, 1998. – С. 66-67.

