**2 Геодезические работы**

**2.1 Создание опорного геодезического обоснования**

**2.2 Анализ погрешностей исходной триангуляционной сети 4 класса**

По данным учета архитектуры города Сочи, вся территория района работ покрыта сетью государственной триангуляции 3 и 4 классов. На участке работ имеются пункты триангуляции 4 класса: Бытха , Раздольное, Сочи.Точностных характеристик данной сети не сохранилось, поэтому в настоящем проекте проведен анализ точности отдельных элементов сети.

В данном проекте пункты государственной геодезической сети, в данном случае – триангуляции 4 класса, служат основой для создания сети сгущения, произведенной спутниковым методом – с использованием системы GPS.

Основным показателем точности сети является погрешность взаимного положения пунктов, вычисленная по формуле (1):

, (1)

где *mSн* – величина погрешности вычисления слабой стороны, равная:

,мм

*mβ* – погрешность измерения угла, 1,5”;

*ρ”* = 206265”;

*S* – длина соответствующей стороны, км;

Тогда *m2вз.п*.:

для стороны Раздольное –Сочи - m2вз.п1 = 5,55×10-4 м2;

для стороны Бытха – Сочи - *m2вз.п2*= 7,44×10-3 м2;

для стороны Бытха– Раздольное.- *m2вз.п3* = 5,98×10-4 м2;

откуда: *mвз.п.1*= 0,022м;

*mвз.п.2*= 0,027м;

*mвз.п.3*= 0,024м;

Рассчитав погрешности взаимного положения пунктов для трех сторон, можно сделать вывод о том, что для дальнейших расчетов принимаем наибольшую погрешность *mвз.п.2*= 0,027м.

**2.3 Проект сгущения государственной геодезической сети**

Настоящим проектом предусмотрено сгущать Государственную Геодезическую Сеть, представленную пунктами триангуляции 4 класса, методом нахождения исходных пунктов при помощи системы GPS.

Использование системы GPS связано с высокой производительностью, точностными характеристиками, которые значительно превышают аналогичные показатели большинства геодезических приборов и инструментов.

Измерительная станция GPS является радиодальномерной системой. В настоящее время работа GPS – приемников всех фирм – производителей основана на использовании дифференциального метода, т.е. одновременной работы не менее чем двух приемников, каждый из которых принимает сигналы не менее чем от четырех общих для двух приемников ИСЗ (Искусственный Спутник Земли). В данном случае число приемников равно 5. Одновременное осуществление приема и регистрации данных, полученных со спутников, совместно с современными методами обработки позволили выполнить определение относительного места положения пяти приемных станций в любых погодных условиях, днем и ночью без взаимной видимости между станциями измерений.

Для обеспечения требуемой высокой точности выбран соответствующий режим работы оборудования – статика. Этот режим позволяет проводить измерения с точностью до 5 мм в плане и примерно в 3 раза меньшей по высоте.

В качестве референсных пунктов использованы пункты триангуляции: “ Сочи”, “Раздольное”, “Бытха” – 4 класса, с уже известными координатами. Далее проектом предусмотрено вставка двух базисов , которые послужат основой для производства топографической съемки при инженерно геодезических изысканиях и создания разбивочной геодезической основы .Положение базисов, на которых установим приемники (передвижные или “rover”), определяем по разности декартовых координат(*X,Y* и *Z*) между этими пунктами. Точность определений приращений такова, что обеспечивает измерение линий между приемниками (базовой линии) с погрешностью 5-30мм + (1-2).S.10-6(в зависимости от типа аппаратуры и режима съемки).

Настоящим проектом предусмотрено использование приборов: GPS-сенсор SR 399 и GPS-контроллер CR 333.

GPS-сенсор SR 399 является двухчастотным, 9-канальным GPS приемником и процессором. Сигналы на несущих частотах L1 и L2 отслеживаются одновременно и независимо друг от друга. Колебания несущей частоты L1 отслеживается путем восстановления фазы с помощью P кода, если отсутствует искусственное зашумление P кода (AS). При наличии AS, колебания несущей частоты L2 отслеживается на основе вспомогательного метода для P кода, что обеспечивает полное восстановление фазы несущих колебаний на частоте L2. Сенсор полностью водоустойчив и может работать в температурном диапазоне от -20 до +50°С при относительной влажности до 95%.

GPS-контроллер CR 333 управляет работой сенсора (программное управление сенсором, тип съемки и т. п.), регистрирует данные и выполняет операции по управлению данными. Контроллер является автономным управляющим устройством на основе микропроцессора 80386. Он обеспечивает взаимосвязь между пользователем и сенсором на основе программ, управляемых меню, с помощью которых осуществляется работа в поле. Наблюдения в статике достигают уровня точности до пяти миллиметров, метод постпроцес­сорной обработки использует фазовые измерения, измеряя базовые линии в течении часа и более. Время наблюдений зависит от типа приемника, длины линии, количества на­блюдаемых пунктов и геометрии спутников. Статический режим используются для на­блюдений с более высокой точностью.

Таблица 1. Характеристика режима наблюдений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Процедура | Минимальное количество спутников | Минимальное время наблюде­ний | Точность гори­зонтальных из­мерений | Другие характе­ристики |
| Статика | 4 | Не менее часа | 5 мм |  |

Референсный приемник обычно производит наблюдения в течение нескольких ча­сов, в то время как ровер перемещается с точки на точку.

Минимальная продолжительность наблюдений для вычисления надежного положе­ния отдельной точки может составлять около часа при 4 и более спутниках. Чем дольше бу­дет время наблюдений, тем качественнее будет определено положение отдельной точки.

Калибровка вычисляет параметры, необходимые для перевода координат, полученных из GPS измерений в местную систему координат. Trimble рекомендует использовать минимум три трехмерные координаты в местной сети и три наблюденных координаты WGS 84, совмещенных с местной проекцией и данными параметров преобразования. Это обеспечило бы соответствующую избыточность. Если не было выполнено точного определения системы координат, программное обеспечение контроллера определит плановую проекцию и три па­раметра данных трансформирования между системой WGS 84 и системой сети.

Программное обеспечение контроллера просто в обращении при наблюдениях и контроли­ровании приемника в GPS измерениях и при традиционных измерениях обычными инстру­ментами. Программное обеспечение контроллера позволяет быстрее и более эффективно вести наблюдения, вследствие:

* записи точек в память;
* несложности выноса точек в натуру;
* выполнение многочисленных вычислений, включая функции калибровки и коорди­натной геометрии;
* возможности двустороннего обмена данными.

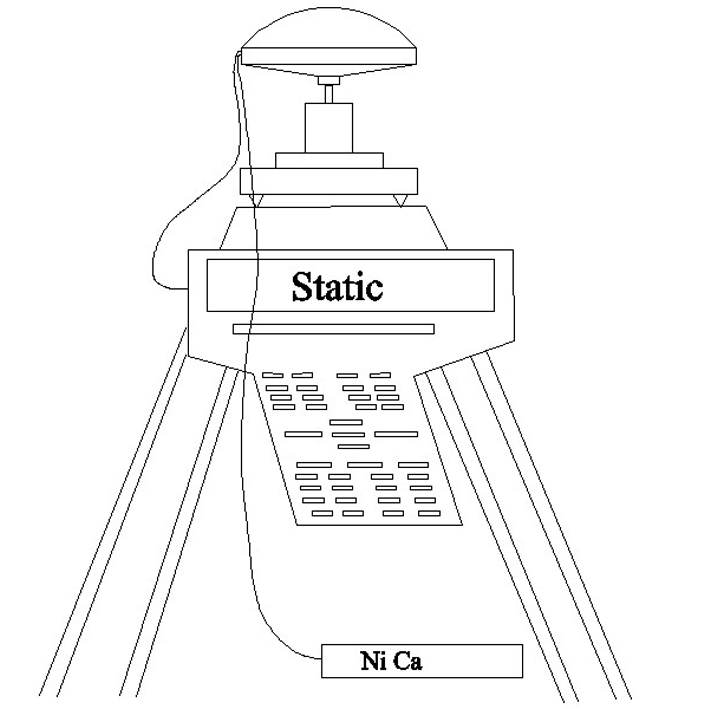


Рисунок1 *Общий вид измерительной станции GPS*

Сенсор представляет собой водонепроницаемый приемник радиоизлучений, массой около 2-х кг. Он может одновременно отслеживать сигналы 6-12-ти на двух (L1 и L2) или одной (L1) несущих частотах.

Измерительная станция спутниковой системы включает в себя приемник (сенсор), блок управления (контроллер), аккумуляторные батареи, зарядное устройство, штатив, соединительные кабели (рис1).

Пункты опорного обоснования проектом предусмотрено закреплять постоянными центрами, конструкция которых приведена на рис. 2



Рис. 2. *Центры пунктов опорного обоснования*.

Все работы по проекту должны быть выполнены в местной (городской) системе координат и Балтийской системе высот.

Полученные пункты будут использованы в качестве опорного планово-высотного обоснования при создании съемочных сетей для производства топографической съемки масштаба 1:500.

В проекте выполнена оценка точности определения координат пунктов, ограничивающих концы базисов и дирекционных углов базисных сторон .

* 1. **Расчет точности GPS наблюдений**

 Рисунок *3Схема расположения референцных и роверных пунктов*

*Погрешность пространственного положения отдельного пункта*, координаты которого определены GPS-аппаратурой, могут быть получены из выражения

,

где: R - коэффициент, значение которого определяют, исходя из условий радиовидимости (при идеальной радиовидимости R = l);

Mmes - ошибка, обусловленная погрешностью измерений (аппаратурная погрешность);

MC - ошибка центрирования GPS-приемника и измерения его высоты;

Mjr - ошибка трансфор­мирования, обусловленная погрешностью

взаимного положения трансформационных пунктов.

Таблица 2. *Вычисление пространственного положения пункта*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Базовая станция | Определяемые пункты | R | Mmes, мм | Mtr, мм | MC, мм | M, мм |
| Бытха | GPS 1 | 1 | 11,32 | 24,98 | 2 | 27,50 |
| GPS 2 | 1 | 11,44 | 24,00 | 2 | 26,66 |
| GPS 3 | 1 | 11,58 | 25,01 | 2 | 27,63 |
| GPS 4 | 1 | 11,68 | 24,00 | 2 | 26,77 |
| Раздольное | GPS 1 | 1 | 12,18 | 24,98 | 2 | 27,86 |
| GPS 2 | 1 | 12,38 | 24,00 | 2 | 27,08 |
| GPS 3 | 1 | 11,96 | 25,01 | 2 | 27,79 |
| GPS 4 | 1 | 12,20 | 24,00 | 2 | 27,00 |
| Сочи | GPS 1 | 1 | 13,60 | 24,98 | 2 | 28,51 |
| GPS 2 | 1 | 12,50 | 24,00 | 2 | 27,13 |
| GPS 3 | 1 | 12,12 | 25,01 | 2 | 27,86 |
| GPS 4 | 1 | 12,24 | 24,00 | 2 | 27,02 |

Значение Mmes находят из выражения

,

где: mxi, myi и mzi - погрешности определения геоцентрических координат пункта.

По результатам теоретических работ и натурных исследований mx = my = 0.5mz= ms

где: ms- величина аппаратурной погрешности измерения базовых линий. Тогда

,

Таблица 3 *Вычисление аппаратурной погрешности*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Базовая линия | | | Msi - аппаратурная  погрешность | |
| Направление | | Длина, км | В плане, мм (5 мм + 0,5 мм [на 1 км]) | По высоте, мм (5 мм + 1 мм [на 1 км]) |
| Бытха | GPS 1 | 1,312 | 5,66 | 6,31 |
| GPS 2 | 1,451 | 5,72 | 6,45 |
| GPS 3 | 1,581 | 5,79 | 6,58 |
| GPS 4 | 1,679 | 5,84 | 6,68 |
| Раздольное | GPS 1 | 2,178 | 6,09 | 7,18 |
| GPS 2 | 2,382 | 6,19 | 7,38 |
| GPS 3 | 1,953 | 5,98 | 7,95 |
| GPS 4 | 2,200 | 6,10 | 7,20 |
| Сочи | GPS 1 | 2,399 | 6,80 | 7,40 |
| GPS 2 | 2,498 | 6,25 | 7,50 |
| GPS 3 | 2,110 | 6,06 | 7,11 |
| GPS 4 | 2,242 | 6,12 | 7,24 |

Значение MC2 находят из выражения

,

,

.

где: *h* - высота установки инструмента (≈ 1,5 м);

*τ* - цена деления круглого уровня (6`);

*ρ* -радиан (3438`);

2 (мм) - погрешность измерения высоты инструмента.

Значение MTRi находят из выражения

,

Таблица 4. *Вычисление ошибки трансформирования*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Базовая линия | | Li, км | MTRi, мм |
| Бытха- Сочи | GPS 1 | 0,599 | 24,98 |
| GPS 2 | 0,889 | 24,00 |
| GPS 3 | 0,590 | 25,01 |
| GPS 4 | 0,891 | 24,00 |

где: *Мmax* - максимальная ошибка взаимного положения пары трансформационных пунктов

*Li* - расстояние по перпендикуляру от определяемого пункта до стороны с максимальном по­грешностью взаимного положения исходных пунктов.

*Погрешность пространственного положения отдельного пункта определенного из трех сеансов:*

;

Таблица 5. *Вычисление погрешности пространственного положения отдельного пункта определенного из трех сеансов*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Определяемые пункты | M1, мм | M2, мм | M3, мм | M, мм |
| GPS 1 | 27,50 | 27,86 | 28,51 | 9,32 |
| GPS 2 | 26,66 | 27,08 | 27,13 | 8,98 |
| GPS 3 | 27,63 | 27,79 | 27,86 | 9,25 |
| GPS 4 | 26,77 | 27,00 | 27,02 | 8,98 |

Следовательно, *погрешность взаимного положения двух пунктов* i и j, координаты которых определены GPS, вычисляют следующим образом

;

;

Таблица 6. *Вычисление погрешность взаимного положения двух пунктов i и j*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Определяемые пункты | R | Mmes1, мм | Mmes2, мм | Mmes3, мм | Mmes, мм | Mtr, мм | MC, мм | Mij, мм |
| GPS 1 | 1 | 11,32 | 12,18 | 13,60 | 4,10 | 0,98 | 2 | 6,48 |
| GPS 2 | 1 | 11,44 | 12,38 | 12,50 | 4,03 |
| GPS 3 | 1 | 11,58 | 11,96 | 12,12 | 3,96 | 1,01 | 2 | 6,39 |
| GPS 4 | 1 | 11,68 | 12,20 | 12,24 | 4,01 |

В этой формуле

,

где:  *Sij* - длина стороны между определяемыми пунктами;

γ - разность дирекционных углов между определяемой и исходной стороной.

Таблица 7.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Базовая линия | | Li, км | MTRi, мм |
| Бытха - Сочи | GPS 1 | 0,599 | 0,98 |
| GPS 2 | 0,889 |
| GPS 3 | 0,590 | 1,01 |
| GPS 4 | 0,891 |

*Погрешность дирекционного угла линии i-j* длиной S опре­деляют из выражения

;

где:  - погрешность взаимного положения двух пунктов;

*Sij* - длина стороны между определяемыми пунктами.

GPS 1– GPS 2:

*M 1-2* = 6,48 мм; *S* = 279,97 м; *Mα 1-2* =4,77”.

GPS 3–GPS 4:

*M 3-4* = 6,39 мм; *S* = 300,02 м; *Mα 3-4* = 4,39”

Таблица 8. *Погрешность положения отдельного пункта по высоте*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Определяемые пункты | M1, мм | M2, мм | M3, мм | M, мм |
| GPS 1 | 12,62 | 14,36 | 14,80 | 4,62 |
| GPS 2 | 12,90 | 14,76 | 15,00 | 4,72 |
| GPS 3 | 13,16 | 15,90 | 14,22 | 4,78 |
| GPS 4 | 13,36 | 14,40 | 14,48 | 4,69 |

Непосредственное влияние на определение высот GPS пунктов составляет ошибка исходных данных, а именно определения высоты пунктов триангуляции 1 класса. Так как отметки пунктов триангуляции определены с низкой точностью, при выполнении GPS-определений высоты создаваемых пунктов будут иметь значительные отклонения по высоте, что не позволит использовать их как опорные пункты для сгущения высотной сети.

**3. Проект сгущения GPS сети**

**3.1 Проектирование и оценка точности теодолитно-высотного хода**

Для производства топографической съемки планово съемочное обоснование создано прокладкой теодолитных ходов, для производства топогрофо–геодезических съемок в масштабе 1:500, в качестве исходных приняты пункты GPS. Точки планово–высотного обоснования закреплены металлическими трубами, заполненными бетоном. На стенках трубы делают четыре зарубки и фиксируют центр,с расчетом сохранения их на период производства съемочных и разбивочных работ. Горизонтальные углы будем измерять электронным тахеометром Sokkia серии SET530R, линейные измерения выполняются тем же тахеометром одним приемом по инструкции завода изготовителя. Техническая характеристика прибора приведены в табл. 2.9 (за исключением тех случаев, когда оговорено иначе, данные характеристики относятся ко всем моделям электронных тахеометров **"SET530R" обозначает "SET530R/530RS").**

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 9. | |
| ***Telescope*** | |
| Длина | 171 мм |
| Диаметр объектива | 45 мм (EDM: 48 мм) |
| Увеличение | 30Х |
| Изображение | Прямое |
| Разрешающая способность | 5" |
| Угол поля зрения | 1º 30' |
| Минимальное расстояние фокусирования | 1.3 м |
| Устройство фокусирования | Односкоростное |
| Подсветка сетки нитей | 5 уровней яркости |
| ***Измерения углов*** | |
| Тип отсчетного устройства гориз. и верт. круга | Абсолютный датчик угла поворота кодового диска |
| Угловые единицы | Градус/Гон/Мил (Выбирается) |
| продолжение таблица 2.9 | |
| Наименьшая цена деления отсчетов | 1" (0.2 мГон / 0.005 мила)  5" (1 мГон / 0.02 мила) (Выбирается) |
| Точность (ISO 12857-2 :1997) | 5" (1.5 мГон / 0.02 мила) |
| Время измерения | Менее 0.5 с |
| Автоматический компенсатор | Включен (Г и В / только В)  Выключен (Выбирается) |
| Тип | Жидкостной 2-х осевой датчик наклона |
| Наименьшая цена деления отсчетов | Соответствует выбранной цене деления для отображения угловых отсчетов |
| Диапазон компенсации | ±3' |
| Режим измерений | |
| Горизонтальный угол | Вправо  влево (Выбирается) |
| Вертикальный угол | От зенита  От горизонта 0°...360°  От горизонта 0° ± 90° (Выбирается) |
| ***Измерения расстояний*** | |
| Метод измерений | Коаксиальная фазоконтрастная измерительная система |
| Источник сигнала | Лазерный диод красного диапазона спектра 690 нм (Class 2 IEC60825-1 2001-2) |
| Диапазон измерений | (Используя Отражающие призмы / отражающие визирные пленки SOKKIA при нормальных атмосферных условиях) |
| SET530R | Отражающая пленка RS90N-K: от 3.0 до 500 м  Отражающая пленка RS50N-K: от 3.0 до 300 м Отражающая пленка RS10N-K: от 3.0 до 100 м Компактная призма СР01: от 1.3 до 800 м Стандартная призма АР01 X 1: от 1.3 до 4000 м Стандартная призма АР01 X 3: от 1.3 до 5000 м Минипризма OR1PA: от 1.3 до 500 м Без призмы \*2: от 1.3 до 100 м |
| Наименьшая цена деления отсчетов | |
| Точное измерение | 0.001 м |
| Слежение | 0.01 м |
| Максимальное значение наклонного расстояния | Призма  пленка: 9599.999 м  Без призмы: 599.999 м |
| Единицы расстояний | метры/футы/дюймы (Выбирается) |
| Точность (D: измеряемое расстояние в км) | |
| (На призму) | Точное измерение: ±(2 + 2 ppm X D) мм |
| продолжение таблица 2.9 | |
| (На пленку) | Точное измерение: ±(3 + 2 ppm X D) мм |
| SET530R | Точное измерение: ±(3 + 2 ppm X D) мм |
| Режим измерений | Точное измерение (однократное/многократное/с  усреднением) / Слежение (Выбирается) |
| Время измерения |  |
| Точное измерение | 2,6 с (2,4 с) + каждые 1,3 с |
| Слежение | 1,6 с (1,4 с) + каждые 0,3 с |
| Атмосферная поправка |  |
| Диапазон ввода температуры | от - 30 до +60°С (с шагом 1°С) |
| Диапазон ввода давления | от 500 до 1,400 гПа (с шагом 1гПа) |
| от 375 до 1,050 мм рт.ст. (с шагом 1мм рт.ст.) |
| Диапазон ввода ppm | от -499 до 499 ppm (с шагом 1 ppm) |
| Поправка за константу призмы | от -99 до 99 мм (с шагом 1 мм)  0 мм фиксировано для безотражательных измерений |
| Поправка за кривизну земли и рефракцию (Выбирается) | Не применяется  Применяется (К=0.142)  Применяется (К=0.20) |
| ***Источники питания*** | |
| Источник питания | Литиево-ионный аккумулятор BDC46A |
| Индикатор заряда аккумулятора | 4 уровня заряда |
| Продолжительность работы при 25°С | Около 5 часов (при точных однократных  измерениях каждые 30 с) |
| Время зарядки | Около 2 часов (с использованием CDC61/62/64) |
| BDC46A | Номинальное напряжение: 7.2 В |
| Емкость: 1800 мАч |
| Температура хранения: от -20 до +35°С |
| CDC61/62/64 | Входное напряжение: от 110 до 240 В переменного тока с частотой 50/60 Гц |
| Температура зарядки: от 0 до 45°С |
| Температура хранения: от -20 до +65°С |
| ***Общие характеристик*** | |
| Дисплей | Жидкокристаллический графический  дисплей, 192 х 80 точек |
| SET530R | 2 жидкокристаллических дисплея с подсветкой (на каждой стороне инструмента) |
| Рабочая панель (клавиатура) | 15 клавиш (программные клавиши, служеб­ные клавиши, клавиша включения питания, клавиша подсветки) |
| Автоматическое отключение питания | |
|  | 5 уровней (Выбирается) |
| продолжение таблица 2.9 | |
| Лазерный целеуказатель | Вкл/Выкл (Выбирается) |
| Внутренняя память | около 10000 точек |
| Вывод данных | Асинхронный последовательный, совместимый с RS232C, совместимый с Centronics (с кабелем DOC46) для принтеров с режимом ESC/P (функция эмуляции) |
| Цена деления уровней | |
| Цилиндрический | 30``/2 мм |
| Круглый | 10``/2 мм |
| Оптический отвес | |
| Изображение | Прямое |
| Увеличение | 3Х |
| Минимальное расстояние фокусирования | 0.3 м |
| Горизонтальный и вертикальный наводящие винты | Односкоростные |
| Рабочая температура | от -20 до 50°С |
| Температура хранения | от -30 до 70 °С |
| Водо- и пылезащищенность | IP66 (IEC 60529: 1989) |
| Высота инструмента | 236 мм от низа трегера |
| Габаритные размеры | 165 (Ш) х 171 (Д) х 341 (В) мм (с ручкой) |
| Вес (с ручкой и аккумулятором) | 5.4 кг |

Влияния погрешностей измерений длин в ходе рассчитываем по формуле «СКП измерения каждой стороны хода» исходя из паспортных данных тахеометра

,

а затем образована .

Уравнивание планового обоснования выполнено на ПК с помощью программного комплекса «CREDO».