

Министерство Высшего и Средне Специального Образования
Республики Узбекистан

Ташкентский Архитектурно – Строительный Институт

Факультет инженерно строительных инфраструктур

КАФЕДРА “ ГЕОДЕЗИЯ И КАДАСТР ”

Курсовая работа

По предмету:

ГЕОДЕЗИЯ

Выполнил: Файзуллаев Ф

Проверил:

Преп. Худайбергенов А.А

Ташкент 2016 г

Содержание

Техническое задание

Введение

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

1.1. Физико – географическая характеристика района проектирования.

1.2. Цель проектируемых работ.

1.3. Характеристика исходных данных.

ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНОВОГО ОБОСНОВАНИЯ.

2.1. Составление проекта полигонометрического хода 4 класса.

2.2. Расчет ожидаемой средней квадратичной ошибки в положении наиболее слабой точки хода.

2.3. Расчет точности линейных измерений. Выбор типа мерного прибора для линейных измерений.

2.4. Характеристика мерного прибора.

2.5. Расчет точности угловых измерений. Выбор типа мерного прибора для угловых измерений.

2.6. Характеристика мерного прибора.

2.7. Расчет точности параллактического звена.

ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ.

3.1. Проектирование нивелирного хода IV класса.

3.2. Расчет точности нивелирного хода.

➤ Одиночного хода

➤ Нивелирной сети

3.3. Приборы применяемые при нивелировании III и IV классов.

ГЛАВА 4. ПЛАНОВАЯ ПРИВЯЗКА АЭРОФОТОСНИМКОВ.

4.1. Общие сведения о назначении проектирования.

4.2. Расчет аэрофотосъемочных работ.

4.3. Выбор точек для плановых опознаков.

4.4. Расчет точности планового положения опознаков.

а. Многократная прямая засечка.

б. Многократная обратная засечка.

с. Теодолитный ход.

Заключение

Список литературы

Приложение

Введение

Топографическую съемку местности выполняют для получения топографического плана или карты участка местности; объекты местности, контуры и рельеф изображаются на плане или карте с помощью условных знаков. Различают аэрофотосъемку, наземную и комбинированную съемки.

Аэрофотосъемка обычно выполняется стереотопографическим методом, когда снимки местности получают с помощью фотоаппаратов, установленных на самолете, а обработку снимков и рисовку плана выполняют в камеральных условиях на стерео приборах.

Комбинированная съемка является комбинацией аэрофотосъемки и наземной съемки; плановая ситуация рисуется по аэрофотоснимкам, а рельеф снимают на фотоплан в полевых условиях.

Аэрофотосъемка и комбинированная съемка являются основными методами создания карт и планов на большие территории. Наземную съемку применяют при создании крупномасштабных планов небольших участков, когда применение аэрофотосъемки либо невозможно, либо экономически не выгодно.

Наземная съемка выполняется с поверхности земли. В зависимости от методики съемки и применяемых приборов наземная съемка может быть нескольких видов:

- ✓ Тахеометрическая;
- ✓ Мензурная;
- ✓ Горизонтальная или теодолитная; При горизонтальной съемке получают план участка местности, на котором нет изображения рельефа;
- ✓ Вертикальная; При этом получают план с изображением рельефа практически без плановой ситуации;
- ✓ Фототеодолитная; При этом снимки местности получают с помощью фототеодолита, а их обработку и рисовку плана выполняют на стерео приборах, специальные виды съемок.

При мензурной съемке план участка местности создается прямо в поле, т.е. результаты съемки ситуации и рельефа наносит на план на каждом пункте, где установлен прибор для съемки. Для выполнения мензурной съемки применяют мензулу, кипрегель и рейку.

При мензурной съемке горизонтальные углы не измеряют, а строят на планшете графически; для этого планшет должен быть ориентирован на местности.

Мензурная съемка выполняется полярным способом, при этом направление полярной оси задается направлением, по которому ориентирован планшет.

В название “тахеометрическая” подчеркивается высокая производительность труда при этом виде съемки: “tachys” означает быстрый. Съемку выполняют либо теодолитом, либо тахеометром-автоматом; в комплект приборов для съемки еще входит рейка. Съёмочное обоснование

для тахеометрической съемки создают, прокладывая теодолитные ходы, ходы технического нивелирования, высотные или тахеометрические ходы.

Тахеометрический ход - это комбинация теодолитного и высотного ходов в одном. На каждом пункте хода измеряют горизонтальный угол, углы наклона на заднюю и переднюю точки и дальномерное расстояние прямо и обратно. Превышение между пунктами вычисляют тригонометрического нивелирования.

Уравнивание тахеометрического хода выполняют отдельно для координат (как в теодолитном ходе) и превышений (как в высотном ходе).

Все результаты измерений записывают в журнал тахеометрической съемки; затем там же вычисляют углы наклона, горизонтальные проложения, превышения пикетов относительно точки стояния теодолита и отметки пикетов. Одновременно с ведением журнала составляют схематический чертеж местности – абрис (кроки), на котором показывают все заснятые с этой станции пикеты, контуры, ситуацию, формы рельефа, направления скатов. Иногда абрис рисуют до начала съемки, намечая на нем плановые и высотные пикеты, и затем уже ведут съемку в соответствии с абрисом.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

1.1. Физико-географическая характеристика района проектирования.

Район проектирования представляет собой волнистую равнину, расчленённую речными долинами. Водоразделы слегка округлые и плоские. Присутствуют три господствующие возвышенности, высотой 216,4 м; 213,8 м и 212,8 м. Средние высоты района проектирования – 180-200 метров. Основная форма рельефа – холмистые равнины .

Район проектирования опорно-межевой сети пересекает одна река Андога высотой от 110 до 120 метров, она проходит по всей карте.

Растительность представлена лесополосами, сенокосом, порослью и широколиственными деревьями.

Неподалеку от района проектирования расположены поселки сельского типа: Барахоево, Зорино, Никитино, Дубровка, Шурина, г. Михалинская, Дубровина, и т.д. Через данный район проходит автодорога на Павлово.

1.2. Цель проектируемых работ.

Основная задача проектирования состоит в том, чтобы из всех возможных вариантов выбрать тот вариант полигонометрических ходов и сетей, который по точности соответствовал бы поставленным задачам, а для осуществления требовал бы минимальных трудовых и денежных затрат.

Проектирование полигонометрических ходов и сетей 4 класса, производят с учетом масштаба и метода предстоящих съемок, требований Инструкции о построении государственных геодезических сетей.

До начала проектирования необходимо определить границы обеспечиваемого района; собрать данные об условиях работ в нем: сведения о путях и средствах сообщения, метеорологические сведения, физико-географические и геоморфологические описания, данные гидрологических исследований и т. п. ; собрать топографические карты масштаба 1:25 000 и крупнее, схемы ранее исполненных триангуляционных и полигонометрических сетей, чтобы установить наличие и пригодность исходных пунктов (топографо-геодезическую изученность). Кроме того, до начала работ надо выяснить необходимую густоту обеспечения территории геодезическими пунктами с учетом перспективы развития территорий согласно генеральному плану и плану освоения земель, а также точность определения положения пунктов, дирекционных углов и длин линий.

Полигонометрические ходы проектируют в виде отдельных разомкнутых ходов, опирающихся на два исходных пункта. При обеспечении геодезическими пунктами значительных площадей проектируют полигонометрические сети. При этом следует учитывать, что ходы и сети 4 класса должны опираться на пункты триангуляции и полигонометрии высших классов.

Детальное проектирование полигонометрических ходов 4 класса, для незастроенной территории производят на топографических картах масштаба

1:25 000, а для застроенной территории — масштаба 1:10 000. На картах вначале наносят исходные пункты на территорию объекта и на смежные участки, после чего намечают направления отдельных ходов в соответствии с принятой схемой развития сети. Ходы намечают в тех местах, где они с максимальной эффективностью могут быть использованы, однако при этом учитывают и характер местности, и имеющиеся приборы для линейных измерений.

Ходы прокладываются по местности, наиболее благоприятной для производства угловых и линейных измерений.

В соответствии с этим ходы намечают вдоль дорог или около них, по долинам рек, по существующим лесным просекам, избегая заболоченных мест.

После того как намечено направление отдельных ходов, переходят к выбору положения отдельных пунктов с соблюдением максимальной и минимальной длины линий. Следует также помнить, что места, намечаемые для постановки полигонометрических знаков, должны обеспечивать их долговременную сохранность. Не следует предусматривать постановку знаков на пашне, болотах, оползнях и т. п.

После разработки проекта подсчитывают объем работ, определяют потребности в приборах, материалах, транспорте, техническом персонале и рабочей силе. На основе этого составляют смету затрат и план организации работ. Все эти документы затем уточняют на основании данных рекогносцировки.

1.3. Характеристика исходных данных.

В данном проекте существует 3 пункта триангуляции III класса.

214,3 07/65

198,4 09/70

212,8 12/68

Первый пункт расположен на Юго-западной части карты, на возвышенности 215 метров над уровнем моря. Второй пункт расположен почти в Северо-Западной части карты, на возвышенности 200 метров над уровнем моря вблизи автомагистральной дороге. Третий пункт расположен в восточной части карты на холме в городе Михалинская.

ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНОВОГО ОБОСНОВАНИЯ.

2.1. Составление проекта полигонометрического хода 4 класса.

Определение положения геодезических пунктов методом полигонометрии, как было установлено, сводится к прокладыванию на местности ходов, в которых производят измерения углов поворота и длин линий.

Углы в полигонометрии измеряют оптическими теодолитами с точностью, предусмотренной для данного класса или разряда. Для измерения линий применяются различные методы:

1. Светодалномерная полигонометрия применяется при развитии геодезических сетей всех классов и разрядов, а также и специальных геодезических сетей.

2. Радиодальномерная полигонометрия применяется при развитии государственных геодезических сетей всех классов.

3. Полигонометрия с непосредственным измерением линий применяется в тех случаях, когда линии имеют небольшую длину. Это имеет место при создании обоснования для крупномасштабных съемок и для решения различных инженерных задач. Ограниченное применение этой полигонометрии объясняется трудоемкостью линейных измерений.

4. Дальномерная полигонометрия

Применяется для определения положения пунктов 2 разряда, так как точность измерения расстояний оптическими дальномерами относительно невелика.

5. Короткобазисная параллактическая полигонометрия

применяется при проложении полигонометрических ходов и сетей 1 и 2 разрядов. Отдельные параллактические звенья могут строиться на местности и при непосредственном измерении сторон.

Полигонометрия 4 класса, 1 и 2 разрядов создается в виде отдельных ходов или сетей. Ходы должны быть по возможности вытянутой формы, не иметь крутых изломов и должны опираться на два исходных пункта высшего класса или разряда и на две стороны с исходными дирекционными углами. Не допускается проложение замкнутых ходов, опирающихся только на один исходный пункт, а также проложение висячих ходов, т. е. разомкнутых ходов, опирающихся только на один исходный пункт с одним исходным направлением. Полигонометрические сети должны содержать избыточное число исходных данных.

При проложении параллельных полигонометрических ходов одинаковой точности (одного класса или разряда) и по длине близких к предельным (см. табл. 1) расстояния между пунктами должны быть не менее 2,5 км в 4 классе и 1,5 км — в 1 разряде. При меньших расстояниях между ближайшими пунктами должна быть произведена связь путем проложения хода соответствующего класса или разряда.

При составлении проекта полигонометрии необходимо учитывать следующее:

а) Ход должен проходить по ровным местам, желательно вдоль железных и автомобильных дорог.

б) Нужно стремиться к тому, чтобы ход был вытянутый и как можно меньше пересекал различные препятствия (реки, овраги, балки и др.).

Если ход пересекает какое-либо препятствие и непосредственное измерение длины линий затруднено через это препятствие, то следует проектировать параллактическое звено. Устанавливают форму полигонометрического хода. Ход считается вытянутым при выполнении следующих условий:

а) Если угол между основным направлением хода и замыкающей линии не более 30° .

б) Если расстояние от замыкающей линии до самой удаленной от нее точки не более $1/8 * L$. L - длина замыкающей линии.

При невыполнении одного из этих условий ход считается изогнутым.

В данной работе проложены ходы полигонометрии 4 класса. Число линий в первом ходе – 11, общая длина линий в 1 ходе равна – 5225 м, а длина замыкающей – 5025 м (что не превышает допусков). $S_{max}=625$ м, $S_{min}=350$ м. Во втором ходе число линий – 10, общая длина линий – 4700 м, а длина замыкающей – 3600 м. $S_{max}=500$ м, $S_{min}=325$ м.

Первый ход является вытянутым, т.к. по первому условию угол между основным направлением хода и замыкающей линии не более 30° ($\varphi = 29^\circ$), а расстояние от замыкающей линии до самой удаленной от нее точки больше $1/8 * L$ ($L=20,1$. $L/8=2,5$. $l=1,2 < L/8$), второй ход является изогнутым, т.к. по первому условию угол между основным направлением хода и замыкающей линии более 30° ($\varphi = 83^\circ$), а расстояние от замыкающей линии до самой удаленной от нее точки больше $1/8 * L$ ($L=14,4$. $L/8=1,8$. $l=4,3 > L/8$)

Показатели	4 класс	1 разряд	2 разряд
Предельная длина хода км.	10	5	3
Длина хода км:			
Отдельного между исходной и узловой точкой	7	3	2
Между узловыми точками	5	2	1,5
Предельный периметр полигона в км	30	15	9
Длина линий хода в км.			
Наибольшая	2,00	0,80	0,35
Наименьшая	0,25	0,12	0,08
Оптимальная	0,50	0,30	0,20
Число сторон в ходе, не более	15	15	15

Относительная ошибка хода не более	1:25000	1:1000	1:5000
Средняя квадратическая ошибка измерения угла (по невязкам в ходах и полигонах) не более	2''	5''	10''

Отдельный ход полигонометрии должен опираться на 2 исходных пункта. На исходных пунктах необходимо измерять примычные углы.

В исключительных случаях при отсутствии между исходными пунктами видимости с земли допускается:

а) проложение хода полигонометрии, опирающегося на 2 исходных пункта, без угловой привязки на одном из них. Для контроля угловых измерений используются дирекционные углы на ориентирные пункты государственной геодезической сети или дирекционные углы примычных сторон, полученные из астрономических измерений с точностью 5-7'', GPS-измерений или гиротеодолитных измерений с точностью 10-15'';

б) проложение замкнутого хода полигонометрии 1 или 2 разрядов, опирающегося на один исходный пункт, при условии передачи или измерения с точек хода двух дирекционных углов с точностью 5-7'' на две смежные стороны по возможности в слабом месте (середине) хода;

При построении полигонометрических сетей 4 класса, 1 и 2 разрядов должны соблюдаться требования, приведенные в табл. № 1

Полигонометрические работы состоят из следующих процессов:

- 1) составление проекта;
- 2) рекогносцировка трассы и пунктов полигонометрического хода;
- 3) установка знаков и закладка центров;
- 4) измерение углов;
- 5) измерение линий;
- 6) привязка к пунктам государственной геодезической сети высших классов и разрядов;
- 7) обработка результатов полевых измерений;
- 8) предварительные вычисления и оценка точности полевых измерений;
- 9) уравнивательные вычисления и оценка точности полученных результатов;
- 10) составление каталога;
- 11) составление технического отчета.

Основная задача проектирования состоит в том, чтобы из всех возможных вариантов выбрать тот вариант полигонометрических ходов и сетей, который по точности соответствовал бы поставленным задачам, а для осуществления требовал бы минимальных трудовых и денежных затрат.

2.2. Расчет ожидаемой средней квадратичной ошибки в положении наиболее слабой точки хода.

Самым слабым местом хода, проложенного между твердыми пунктами, является его середина. Поэтому пункт, расположенный в середине хода вычисляется с меньшей точностью. Ошибка этого пункта равна половине невязки всего хода.

Предельная относительная ошибка полигонометрического хода IV класса будет равна:

$$\text{пр. } f_s = \frac{[S]}{T} = \frac{5725}{25000} = 0,23$$

Средняя квадратическая ошибка конечного пункта полигонометрического хода:

$$M = \frac{\text{пр. } f_s}{2} = \frac{0,23}{2} = 0,115$$

Где: [s]- периметр хода, T=25 000.

Периметр хода определяют графически по карте. Вычисленная средняя среднеквадратическая ошибка M не должна превышать точности топографической съемки 1:2 000 масштаб (здесь за точность съемки принимается точность масштаба).

2.3. Расчет точности линейных измерений. Выбор типа мерного прибора для линейных измерений.

Средняя квадратическая ошибка положения наиболее слабого пункта полигонометрического хода выражается формулой:

$$\text{Если ход вытянутый} \quad M^2 = m_s^2 n + L^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot \frac{n+3}{12}$$

$$\text{Если ход изогнутый} \quad M^2 = m_s^2 n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{y,i}^2]$$

Где: m_s - средняя квадратическая ошибка измерения длин линий светодальномера.

n -число сторон хода.

L -длина замыкающей линии хода.

m_β -средняя квадратическая ошибка измерения угла

$D_{y,i}$ -расстояние от центра тяжести до каждой точки поворота.

$$\rho'' = 206265$$

По принципу равного влияния линейных и угловых ошибок можно написать, что $m_t = m_u = m$, то есть средняя квадратическая ошибка продольного смещения равна средней квадратической ошибке поперечного смещения. Следовательно

$$m_s^2 n = L^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot \frac{n+3}{12}, \text{ если ход вытянутый,}$$

$$m_s^2 n = \frac{m_B^2}{\rho^2} [D_{y,i}^2] \quad , \text{если ход изогнутый.}$$

Как известно $M^2 = m_t^2 + m_u^2$, поэтому на основании выше указанных формул можно написать что

$$M^2 = 2m_s^2 \quad \text{или} \quad M^2 = 2m_s^2 n;$$

Из формулы (3) можно найти величину значения m_s .

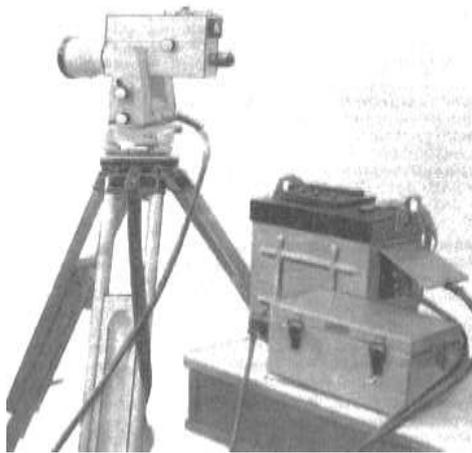
$$m_s^2 = \frac{M^2}{2} = \frac{0.115^2}{2} = \sqrt{0.007} = 0,08 = 8 \text{ см}$$

По значению m_s^2 выбираем тип светодальномера 2СМ2 для линейных измерения или базисный прибор БП-2, БП-3.

2.4. Характеристика мерного прибора.

По данному значению ошибки можно выбрать прибор (светодальномер), который обеспечит заданную точность. Светодальномер 2СМ2 согласно ГОСТ 19223—73 является точным дальномером, предназначенным для измерения линий в полигонометрических ходах при разбивке и сгущении геодезических сетей, а также при производстве других инженерно-геодезических работ. Он позволяет измерять линии от 2 до 2000 м со средней квадратической ошибкой 2 см.

Основные технические характеристики светодальномера 2СМ2



Диапазон допускаемых углов наклона измеряемых расстояний..... 25'

Диапазон рабочих температурОт —40 до -1-40 ~С

Диапазон атмосферных давлений..... От 613 до 1013 ГПа

Частота модуляции f 1 - 149,85 кГц

f 2 - 1498,5 кГц

f 3 – 1498,5 кГц

Средняя потребляемая мощность 20 Вт

Напряжение источника питания 12 В

Масса приемопередатчика (с кабелем)..... 4,6 кг

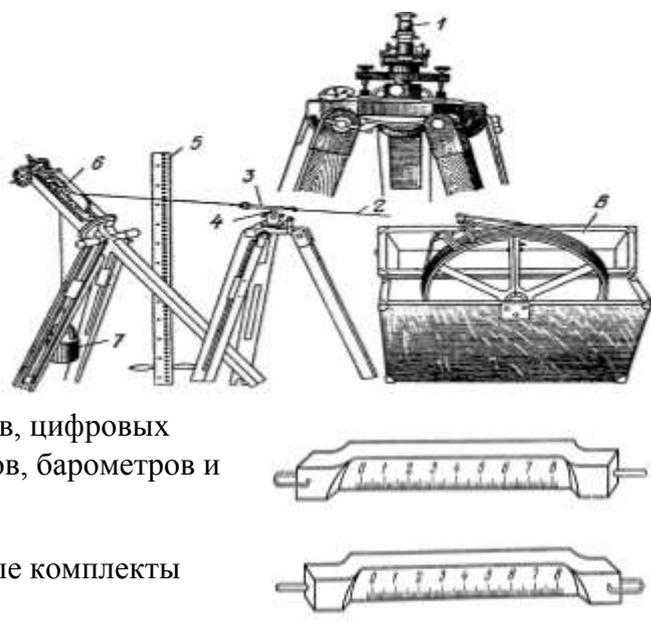
Общая масса всего комплекта прибора..... 58 кг

В комплект светодальномера входят приемопередатчик, электронный блок, два источника питания, два отражателя, три штатива, два оптических центра ОДО,

термометр-пращ, барометр-анероид МД-49-2, два кабеля и другое оборудование. Светодалномер 2СМ2 относится к фазовым светодалномерам с фотоэлектрической индикацией разности фаз и цифровым индикатором. Источником излучения в дальномере служит светодиод изарсенида галлия. Для разрешения неоднозначности измерения производят на трех фиксированных частотах, подобранных таким образом, что результат измерения получается непосредственно в метрах и его долях. Разрешение неоднозначности производится автоматически. Для разрешения неоднозначности производят измерения на трех частотах: $f_1 = 149,85$ кГц, $f_2 = 1485,5$ кГц, $f_3 = 14985$ кГц. Оптическая система 2СМ2 однотрубная. Она состоит из четырех частей, включающих передающую, приемную, визирную системы, которые соосно совмещены, и блока оптического короткого замыкания, периодически вводимого в оптическую систему.

Для уточнения значений постоянных светодалномера, а именно постоянных приемопередатчика и отражателя на ровной местности выбирают базис длиной 200 - 300 метров. Базис измеряется базисным прибором БП-3 с относительной ошибкой не менее $1/50000$.

Перед началом работы необходимо провести внешний осмотр прибора и выполнить его проверки. При внешнем осмотре следует убедиться в отсутствии механических повреждений, сохранности ампул уровней и деталей, крепления органов управления, плавности их действия и четкости фиксации; четкости изображения штрихов сетки и штрихов шкал; работоспособности всех узлов: источников питания, стрелочных приборов, цифровых табло, зуммеров и пр., а также термометров, барометров и других приборов.



Рассмотрим приборы, входящие в базисные комплекты БП-2 и БП-3 .

Инварная проволока . Проволока 2 изготавливается из сплава инвара, состоящего примерно из 35,5% никеля, 64% железа и 0,5% различных примесей: углерода, кремния, марганца и других, добавленных для придания инвару ряда свойств: тягучести, ковкости, твердости и т. п. К положительным свойствам инвара следует также отнести то, что он почти неокисляем, обладает хорошей теплопроводностью, хорошо поддается обработке и полировке. Кроме того, инвар обладает малым температурным коэффициентом линейного расширения (около $0,5 \cdot 10^{-6}$) и изменением длины не более 2 мкм на 1 м в год.

Недостатком его является недостаточная стабильность изготовленных из него мерных приборов, выражающаяся в изменении длины с течением времени и скачкообразных изменениях длины под влиянием внешних воздействий или без очевидных причин. Такое поведение инвара вызывает необходимость выдерживать инварные проволоки после их изготовления в течение определенного времени, т. е. подвергать их «старению». Проволоки, входящие в прибор БП-1, подвергаются старению в течение не менее чем двух лет; проволоки прибора БП-2 — в течение полугода и проволоки прибора БП-3 — в течение 3—4 месяцев. Инварные проволоки имеют длину 24 м и диаметр поперечного

сечения 1,65 мм. На обоих концах проволоки расположены шкалы 3 с миллиметровыми делениями, нанесенные на жестких пластинах, имеющих треугольное сечение. Штрихи на шкалах наносят при помощи высокоточных делительных машин; в приборах БП-2 и БП-3 случайная ошибка штрихов не превышает 10 мкм. Толщина штрихов не более 8—9 мкм. Подписи штрихов на обеих шкалах идут от 0 до 8 см. При измерении расстояний по шкалам производят отсчеты. Если обозначить отсчет по передней шкале буквой П, а по задней буквой З, то длину интервала, измеренного проволокой, можно подсчитать по формуле

$$l = 24м + (П-З)$$

Расстояние между нулями шкал у проволоки, подвешенной и растянутой, номинально должно быть 24 м, отклонение от этой величины допускается 1 мм. Изменяемость инварных проволок обязывает тщательно следить за изменением их длины. Это выполняется путем регулярных сравнений длины проволоки с длиной эталона, называемого нормальной мерой. Такое сравнение называется эталонированием, или компарированием.

Блочный станок 6 с гирями 7 .

С его помощью производят натяжение проволоки во время измерения расстояния. Он представляет собой штатив с несколько удлиненной передней ножкой, на верхней части которого крепится рама для блока. Через желоб блока протянута тонкая стальная струна с прикрепленными к ее концам крючками. К одному крючку прикрепляется гиря, а к другому инварная проволока. Для установки блока на необходимой высоте и в створе измеряемой линии у блочного станка имеются приспособления, которые позволяют перемещать его вдоль рамы на 60 мм и поперек на 40 мм.

Оптический центрир 1.

Этот прибор необходим для выноса центра знака на высоту подвешенной проволоки.

Базисный штатив с целиком 4.

При измерении линии точками, фиксирующими концы подвешенной

и растянутой проволоки, служат пересечения штрихов на головках целиков, расположенных на штативах. Целик состоит из металлического цилиндра, входящего в подставку. Подставка заканчивается круглым диском, плотно прилегающим к верхней плоскости головки штатива.

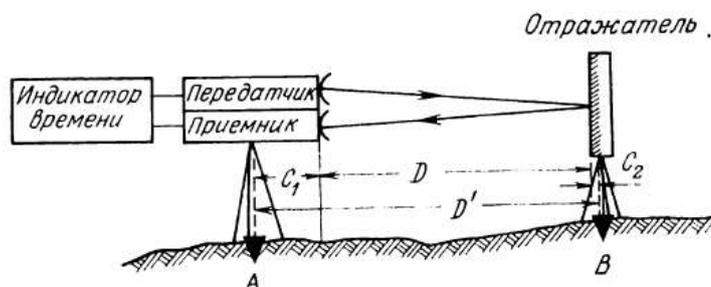
Термометр - пращ . Он служит для измерения температуры воздуха на уровне подвешенной проволоки.

Измерение линий инварными проволоками можно выполнять или способом отсчетов, или способом фиксации. Базисные приборы БП-2 и БП-3 предназначены для измерения линий способом отсчетов.

ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНИЙ СВЕТОДАЛЬНОМЕРАМИ

Принцип определения расстояний путем измерения времени распространения электромагнитных волн.

Предположим, что в некоторый момент времени t_1 передатчик, расположенный в пункте А излучает в направлении к пункту В электромагнитные волны в виде отдельного импульса (т. е. прерывисто), который затем отражается и в момент времени t_2 приходит



обратно в пункт А.

Измерив промежуток времени $t_2 - t_1$ и зная скорость распространения электромагнитных волн v можно подсчитать расстояние D между пунктами А и В, предполагая при этом, что электромагнитные волны распространяются прямолинейно:

$$2D = v(t_2 - t_1), \quad D = \frac{v\tau}{2}$$

где τ — время распространения электромагнитных волн, равное $t_2 - t_1$

Следовательно, установив на одном конце линии приемопередатчик, излучающий и принимающий электромагнитные волны (см. рис.), а также устройство для измерения времени распространения этих волн (индикатор времени), а на другом — отражатель, можно определить расстояние D . Такое устройство, состоящее из двух частей, называется дальномером.

Измерение времени τ может быть выполнено на основе двух методов:

- при помощи излучения импульсов и приема их после отражения (импульсный, или непосредственный, метод);
- по разности фаз посылаемых и принимаемых модулированных колебаний (фазовый, или косвенный, метод).

Казалось бы, что первым способом проще измерить время распространения электромагнитных волн, и в настоящее время имеются приборы, позволяющие определять время с высокой точностью. Однако практически трудно с технической стороны с достаточной точностью зафиксировать моменты излучения и приема импульсов. Фазовый метод и с теоретической, и с практической стороны позволяет очень надежно определять время прохождения

электромагнитных волн. По методу определения времени распространения электромагнитных волн называются и дальномеры: импульсные и фазовые.

Импульсные дальномеры по указанной выше причине дают невысокую точность измерения расстояния, но обладают большой оперативностью, что делает их незаменимыми при измерении расстояний в движении. Они обычно используются как локаторы. Наиболее точные импульсные дальномеры применяются при аэрофотосъемке как высотомеры для определения высоты полета в момент фотографирования.

В геодезии, где требуется очень высокая точность измерения расстояний, применяются преимущественно фазовые дальномеры.

Светодальномеры по точности условно разделялись на большие, средние и малые.

К большим относились светодальномеры, предназначенные для измерения расстояний до 25—30 км со средней квадратической относительной ошибкой не ниже 1 : 300 000. Такими приборами можно измерять базисные стороны триангуляции и длины линий полигонометрии 1—2 классов.

К средним относились светодальномеры для измерения расстояний 10—12 км с точностью 1 : 50 000—1 : 100 000. Они предназначались для построения геодезических сетей 3—4 классов методами триангуляции и полигонометрии.

К малым, или топографическим, относились светодальномеры для измерения расстояний до 2—3 км со средней квадратической относительной ошибкой 1 : 25 000 и ниже; они позволяли измерять расстояния в полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов при сгущении обоснования для крупномасштабных съемок и на других топографо-геодезических работах соответствующей точности.

2.5. Расчет точности угловых измерений. Выбор типа мерного прибора для угловых измерений.

В настоящее время основным способом измерения углов в полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов является способ круговых приемов. Этим способом измеряют углы на пунктах, где имеется более двух направлений. На пунктах полигонометрических ходов, где имеется по два направления, производят измерения влево или вправо лежащих по ходу углов способом отдельного угла (без замыкания горизонта). Измерения углов выполняются с применением трехштативной системы. Для расчета средней квадратической ошибки измерения угла пользуются формулами расчета точности линейных измерений.

По принципу равных влияний можно написать

$$M^2 = 2L^2 \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \cdot \frac{n+3}{12} \quad , \text{если ход вытянутый,}$$

$$M^2 = 2 \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [D_{y,i}^2] \quad , \text{если ход изогнутый.}$$

В нашем случае ход вытянутый мы будем использовать формулу для вытянутого полигонометрического хода IV класса 1 и 2 раздела.

Из выше указанных формул, после некоторых упрощений, для вычисления средней квадратической ошибки измерения углов получают:

Для вытянутого хода

$$m_{\beta} = \frac{M}{\sqrt{2[D_{y,i}^2]}} \rho''$$

$$m_{\beta} = \frac{0,115}{\sqrt{2 * 36 360625}} * 206265 = 2,8''$$

Известно, что на точность измерения горизонтальных углов влияет 5 источников ошибок. Для упрощения вычислений можно применять принцип равных влияний всех источников ошибок, тогда для одного источника ошибок нужно написать

$$m'_\beta = \frac{m_\beta}{\sqrt{5}} \approx \frac{m_\beta}{2} = \frac{2,8''}{2} = 1,3''$$

С помощью вычисленного значения m'_β можно сделать расчет точности для каждого источника ошибок.

Расчет точности центрирования теодолита:

$$e_{\text{цен}} = \frac{m'_\beta s_{\text{ср}}}{\sqrt{2} \rho''} = \frac{1,4'' \cdot 438000}{\sqrt{2} \cdot 206265''} = 2$$

Расчет точности установки визирной марки над центром знака (ошибка редукиции).

$$e_{\text{ред}} = \frac{m'_\beta}{\rho''} s_{\text{ср}} = \frac{1,4''}{206265''} * 438000 = 2.8$$

Где: $e_{\text{цен}}$ и $e_{\text{ред}}$ – соответственно линейные элементы центрирования и редукиции $s_{\text{ср}}$ – средняя длина сторон хода.

Для установки методики и способа измерения горизонтальных углов воспользуемся формулой средней квадратической ошибки измерения угла.

$$m'_\beta = \sqrt{\frac{(m_y^2 + \frac{m_0^2}{2})}{n}} = \frac{(4,84 + \frac{2^2}{2})}{4} = 1,71$$

Здесь: $m_y = \frac{60''}{V} = \frac{60}{27} = 2,2$

Где: m_y - ошибка визирования

n - число приемов

m_0 - ошибка отсчитывания (для Т-2 $= \pm 2''$ 0).

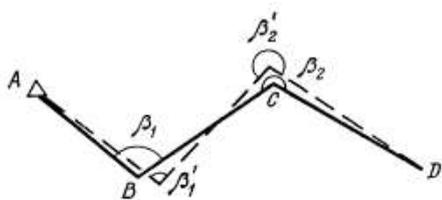
V - увеличение трубы. (x27).

Из этой формулы определяем число приемов измерения углов :

$$n = \frac{m_y^2 + \frac{m_0^2}{2}}{m_\beta'^2} = \frac{4,84 + \frac{2^2}{2}}{(1,3)^2} = 3,5 = 4 \text{ приема}$$

Для измерения углов предусматривается использовать точные оптические теодолит Т2.

Понятие об измерении способом круговых приемов нескольких углов, имеющих общую вершину. Одно из направлений принимают за начальное. Поочередно, по ходу часовой стрелки, при круге слева наводят трубу на все визирные цели и берут отсчеты. Последнее наведение вновь делают на начальное направление. Затем, переведя трубу через зенит, вновь наблюдают все направления, но в обратном порядке – против часовой стрелки. Из отсчетов при круге слева и круге справа находят средние и вычитают из них среднее значение начального направления. Получают список направлений – углов, отсчитываемых от начального направления.



В целях устранения ошибок центрирования и редукции при проложении полигонометрических ходов и для некоторого ускорения угловых измерений применяют так называемую трехштативную систему. Этот способ

предусматривает выполнение при измерении следующего условия: ось вращения теодолита при установке его над центром знака должна занимать в пространстве то же самое положение, которое занимала ось вращения марки до и после установки теодолита.

2.6. Характеристика мерного прибора.

Все оптические теодолиты по точности разделены на три группы:

- а) высокоточные — для измерения, горизонтальных углов со средней квадратической ошибкой от 0,5 до 1";
- б) точные — для измерения горизонтальных углов со средней квадратической ошибкой от 2 до 7";
- в) технические — для измерения углов со средней квадратической ошибкой от 10 до 30".

По этому ГОСТу изготавливали высокоточные теодолиты Т05 и Т1; точные теодолиты Т2 и Т5; технические теодолиты Т15 и Т30.

Цифры, стоящие в шифрах теодолитов за буквой Т, обозначают средние квадратические ошибки измерения углов одним приемом. Для измерения углов в полигонометрии применяются теодолиты, обеспечивающие среднюю квадратическую ошибку угла в 4 классе — 2", в 1 разряде — 5", во 2 разряде — 10". Такую точность в полигонометрии 4 класса обеспечивают теодолиты Т2 и 2Т2; в полигонометрии 1 и 2 разрядов — указанные выше и Т5, 2Т5, Т5К и 2Т5К.

Теодолит Т2 Точный оптический теодолит с цилиндрической системой вертикальных осей применяют для измерения углов в полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов.

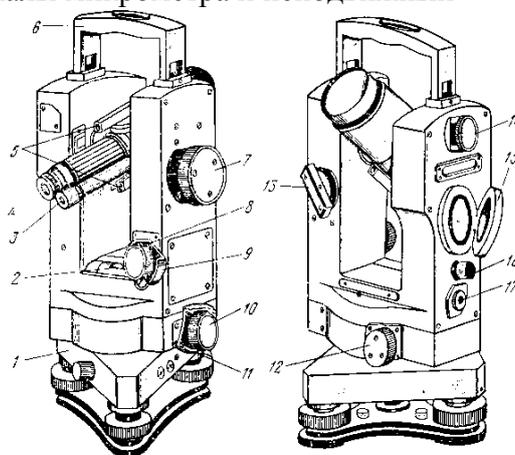
Отсчитывание по кругам осуществляется с помощью оптического микрометра, размещенного в одной из колонок теодолита. В другой колонке расположен вертикальный круг.

В теодолите использован принцип совмещенного отсчета по двум диаметрально противоположным сторонам угломерных кругов. Поле зрения отсчетного микроскопа представлено на рис. 2. В левом (большом) окошке видно изображение штрихов лимба основной (вверху) и диаметрально противоположной (внизу) сторон круга. Цена

наименьшего деления на лимбе, ограниченного двумя бифилярными штрихами на горизонтальном круге или двумя одинарными штрихами на вертикальном круге, равна 20'. Градусные деления подписаны.

В правом окошке видны часть десятиминутной шкалы микрометра и неподвижный отсчетный индекс. Цена деления шкалы микрометра 1". Слева от шкалы дана оцифровка минут, справа — десятков секунд.

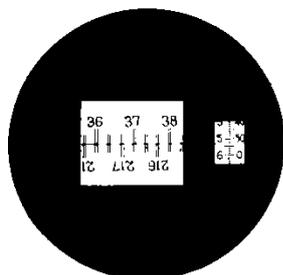
Для взятия отсчета необходимо вращением головки 7 микрометра тщательно совместить в левом окошке изображения верхних и нижних штрихов лимба. Отсчет градусов осуществляют по верхнему изображению.



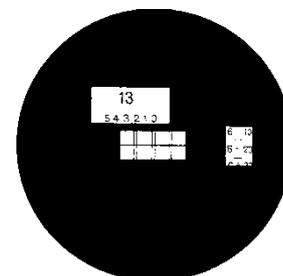
Теодолит Т2:

1 — подставка, 2 — цилиндрический уровень, 3 — окуляр отсчетного микроскопа, 4 — окуляр зрительной трубы, 5 — коллиматорный визир, 6 — ручка для переноски, 7 — головка оптического микрометра, 8, 9 — наводящий и зажимной винты зрительной трубы, 10, 11 — наводящий и зажимной винты алидады горизонтального круга, 12 — ручка перестановки горизонтального круга, 13 — ручка переключателя кругов, 14 — поворотная призма, 15 — зеркало, 16 — установочный винт уровня вертикального круга, 17 — окуляр оптического центра

Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита Т2. Отсчет по горизонтальному кругу $36^{\circ} 55'53,1''$



Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита Т2. Отсчет по горизонтальному кругу $13^{\circ} 36'19,2''$



Десятки минут определяют по числу интервалов, заключенных между зафиксированным верхним и отличающимся от него на 180° нижним градусными штрихами.

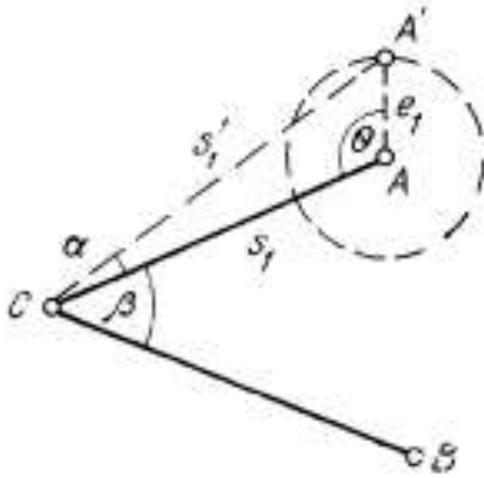
По неподвижному индексу шкалы микрометра отсчитывают единицы минут, секунды и десятые доли секунд.

Полный отсчет получают путем сложения полученных значений

За основное принято рабочее положение Т2, когда вертикальный круг расположен слева от наблюдателя.

Ошибки измерения угла вследствие неточности центрирования визирных марок и теодолита

Р е д у к ц и я . Необходимо измерить угол АСВ. Будем считать, что теодолит в точке С и марка в точке В центрированы безошибочно, марка в точке А центрирована с ошибкой.



Тогда в измеряемый угол мы вносим ошибку редукции α . Расстояние $AA' = e$ называется линейным элементом редукции. На ошибку измерения горизонтального угла окажет влияние не только величина линейной ошибки центрирования марки, но и ее направление, т. е. угол θ , называемый угловым элементом редукции. Так, если θ равен нулю или 180° , т. е. если линейный элемент редукции направлен по стороне измеряемого угла, то неточность центрирования марки в точке A не окажет никакого влияния на точность измерения горизонтального угла. При $\theta = 90$ или 270° в измеряемый угол будет внесена максимальная

ошибка. Так как линейный элемент редукции может быть направлен в любую сторону, то точка A' может занимать различное положение относительно точки A , а угол θ может принимать любое значение от 0 до 360° . Геометрическим местом случайных положений точки A' будет окружность радиуса e_A с центром в точке A . Случайных положений точки A' может быть бесконечно много и каждое из них будет по-разному влиять на ошибку измерения горизонтального угла. Найдем среднее квадратическое значение ошибки редукции. Предположим, что изменение положения точки A' на окружности происходит через бесконечно малый промежуток $d\theta$, тогда число всех положений точки A' на окружности n будет

$$\frac{2\pi}{d\theta} = n$$

Каждому положению точки A' будет соответствовать угол α , следовательно, будет n значений угловой ошибки редукции $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$

$$m_{PA}^2 = \frac{[\alpha^2]}{n}$$

Средняя квадратическая ошибка редукции будет:

- 1) влияние ошибки редукции на ошибку измерения угла не зависит от его величины и обратно пропорционально длинам сторон, образующих угол;
- 2) влияние ошибки редукции тем больше, чем больше отличаются между собой длины сторон измеряемого угла

Центрирование прибора. Предположим, что при измерении угла ACB (рис. 86) марки в точках A и B отцентрированы безошибочно, а теодолит центрирован не в точке C, а в точке D. Тогда имеем линейный элемент центрирования e который составит со стороной CA угол θ , и мы вместо угла C будем измерять какой-то другой угол D. Проведем из точки D линии DA' и DB' параллельные сторонам измеряемого угла C. При этом можно записать

$$C + C_A = D + C_B, \Delta Z = C - D = C_B - C_A$$

где ΔZ — ошибка центрирования. Аналогично тому, как мы сделали в отношении редукции, представим себе окружность, описанную вокруг точки C радиусом e; при данной величине e точки этой окружности представляют все положения прибора относительно точной вершины измеряемого угла. Предполагая, что точка D перемещается по этой окружности через бесконечно малый промежуток $d\theta$ находим $n = \frac{2\pi}{d\theta}$. Каждому положению точки D на окружности будет соответствовать значение углов CA и CB и значение ошибки центрирования. Для n положений точки D на окружности будем иметь n значений ошибки центрирования $\Delta Z_1, \dots, \Delta Z_n$, для которых можно найти среднее квадратическое значение $m_{\Delta Z}$

$$m_{\Delta Z}^2 = \frac{[\Delta Z^2]}{n} = \frac{[(C_B - C_A)^2]}{n}$$

Из полученной формулы следует, что влияние ошибки центрирования теодолита на ошибку измерения угла зависит от его величины. Наибольшее влияние ошибка центрирования теодолита при прочих равных условиях будет оказывать при измерении углов, близких к 180° ; в этом случае

$$S_c = S_a + S_b .$$

При прокладывании полигонометрических ходов стремятся к тому, чтобы ходы имели вытянутую форму, а следовательно, углы в них были близки к 180° . Отсюда нужно сделать вывод, что за центрированием теодолита при угловых измерениях нужно следить очень тщательно; б) влияние ошибки за центрирование обратно пропорционально длине сторон, образующих угол; в) ошибка от неточного центрирования зависит от величины его линейного элемента;

2.7. Расчет точности параллактического звена.

Если непосредственное измерение длины линии невозможно, то следует проектировать параллактическое звено.

Для повышения точности определения длины стороны хода нужно стремиться проектировать параллактическое звено ромбической формы.

а) Звено треугольной формы.

При проектировании звена треугольной формы можно пользоваться формулой

$$S = \frac{b}{y} \rho''$$

Отсюда, задаваясь параллактическим углом φ можно определить длину проектируемого базиса b:

$$b = \frac{s\varphi}{\rho''} = \frac{438 \cdot 12 \cdot (60 \cdot 60)}{206265''} = 91.7 \text{ м}$$

(Величину параллактического угла следует брать в пределах (10-12°).

Где s - длина определяемой стороны.

Известно, что относительная средняя квадратическая ошибка определяемой стороны вычисляется по формуле:

$$\left(\frac{m_s}{s}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{m_\varphi}{\varphi}\right)^2$$

Где: m_s - средняя квадратическая ошибка определяемой стороны s

m_b - средняя квадратическая ошибка измерения

m_φ - средняя квадратическая ошибка измерения параллактического угла φ .

По принципу равных влияний можно написать

$$\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 = \left(\frac{m_\varphi}{\varphi}\right)^2$$

Тогда

$$\left(\frac{m_s}{s}\right)^2 = 2 \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 = 2 \left(\frac{m_\varphi}{\varphi}\right)^2$$

Отсюда можно определить, с какой точностью надо измерить базы, для того, чтобы получить длину определяемой стороны с точностью 1/25 000.

$$\frac{m_b}{b} = \frac{m_s}{\sqrt{2}s} = \frac{25}{\sqrt{2} * 438000} = 0.00001$$

Затем определяют среднюю квадратическую ошибку измерения угла:

$$m_\varphi = \frac{m_s \varphi}{s \sqrt{2}} = \frac{25 * 12 * 3600''}{438 * 1.41} = 1.7''$$

По известной формуле определяют число приемов измерения параллактического угла:

$$n = \frac{m_y^2 + \frac{m_0^2}{2}}{m_\beta^2} = \frac{4.84 + 2}{(1.3)^2} = 3.5 = 4 \text{ приемов}$$

б) Звено ромбической формы.

При проектировании звена ромбической формы воспользуемся формулой:

$$S = \frac{2b}{\varphi} \rho'' \text{ м}$$

Задаваясь параллактическим углом φ (10-12°) определяем длину проектируемого базиса:

$$b = \frac{S\varphi}{2\rho''} = \frac{438 \cdot 12 \cdot 3600}{2 \cdot 206265} = 45.9 \text{ м}$$

Относительная средняя квадратическая ошибка определяемой стороны равна:

$$\left(\frac{m_s}{s}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{m_\varphi}{\varphi}\right)^2$$

По принципу влияния можно написать:

$$\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{m_\varphi}{\varphi}\right)^2$$

Тогда:

$$\left(\frac{m_s}{s}\right)^2 = 2\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 = \left(\frac{m_\varphi}{\varphi}\right)^2$$

Отсюда, определяя точность измерения базиса, вычисляем среднюю квадратическую ошибку измерения параллактического угла:

$$m_\varphi = \frac{m_s}{s} \varphi = \frac{25}{438000} * 12 * 3600 = 2,46''$$

В параллактическом звене ромбической формы асимметрию базиса можно не учитывать, если она не превышает величины

$$y = \sqrt{\frac{S^3}{8b\rho''} \Delta\varphi''_y} = \sqrt{\frac{438^3}{8 * 46 * 206265}} * 0.01 = 0,1$$

Где: $\Delta\varphi''_y$ - изменение параллактического угла вследствие несимметрии базиса. Должно быть $\Delta\varphi''_y \leq 0''.01$

Допустимую величину угла отклонения базиса от нормали к измеряемой линии, которой можно пренебречь, вычисляют по формуле:

$$\Delta\theta = \sqrt{\frac{S}{b} \rho'' \Delta\varphi''_x} = \sqrt{\frac{438}{46} * 206265 * 0,01} = 140$$

Где: $\Delta\varphi''_x$ – величина изменения параллактического угла, вызванная перпендикулярностью базиса к измеряемой линии. Должно быть $\Delta\varphi''_x \leq 0''.01$

ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ.

3.1. Проектирование нивелирного хода IV класса.

Организация работ по нивелированию включает следующие этапы: составление проекта; рекогносцировку; закладку нивелирных знаков; поверки и исследования приборов; производство полевых работ; вычислительную обработку результатов полевых наблюдений; систематизацию и оформление материалов; составление каталога высот пунктов нивелирования.

Нивелирование IV класса выполняют в одном направлении. Расстояние от нивелира до реек измеряют шагами. Нормальная длина визирного луча 100 м. Если нивелирование выполняют прибором, у которого зрительная труба имеет увеличение не менее 30х, то при спокойных изображениях длину луча увеличивают до 150 м. Неравенство плеч на станции допускают до 5 м, а накопление их по секции — до 10 м. Высота визирного луча над подстилающей поверхностью должна быть не менее 0,2 м. При перерывах наблюдений должны соблюдаться те же правила, что и при нивелировании III класса, но расхождения между значениями превышений до и после перерыва допускают до 5 мм. Работу на станции начинают с установки нивелира в рабочее положение с помощью установочного уровня. Порядок наблюдений следующий. Наводят зрительную трубу на черную сторону задней рейки и после приведения пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт (элевационным или подъемным винтом) делают отсчеты по верхней и средней нитям. Наводят трубу на черную сторону передней рейки и, приведя пузырек уровня на середину, берут отсчеты по верхней и средней нитям. После этого рейки поворачивают к нивелиру красной стороной и берут отсчет по средним нитям вначале передней рейки, а затем задней. Результаты наблюдений на станциях записывают в нивелирный журнал.

К особым случаям нивелирования III и IV классов относят нивелирование через значительные водные препятствия. Для нивелирования в этих случаях выбирают наиболее узкие места с однообразными в топографическом отношении берегами. Стараются использовать острова и отмели. При поверках нивелира особое внимание обращают на исследование хода фокусирующей линзы. Нивелиры, не удовлетворяющие необходимым требованиям, не применяют. Высота луча визирования над землей должна быть не менее 0,3 м. При нивелировании через реки шириной до 200 м надо соблюдать равенство расстояний до передней и задней реек. Необходимо стараться обеспечить одинаковые условия для обоих лучей визирования над поверхностью воды. Нивелирование через препятствие шириной более 200 м делают при неравных расстояниях от нивелира до реек выполняя первый полуприем с одного берега, второй — с другого. Если первое превышение будет преувеличено, то настолько же второе будет преуменьшено (или наоборот). Среднее из обоих превышений должно быть свободно от влияния непараллельности визирной оси и оси уровня, от влияния кривизны Земли и частично от влияния рефракции.

3.2. Расчет точности нивелирного хода.

➤ Одиночного хода

Предельная средняя квадратическая ошибка отметки самого слабого репера нивелирного хода (нивелирной сети) 4 класса не должна превышать ± 20 мм.

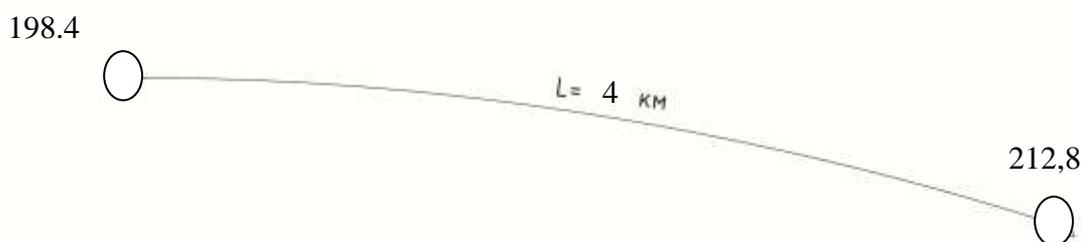
Среднюю квадратическую ошибку слабого пункта одиночного хода определяют по формуле:

$$M_i = \frac{m_{\text{км}}}{2} \sqrt{L_{\text{км}}} = \frac{20 \text{ мм} * \sqrt{4}}{2} = 20 \text{ мм}$$

Отсюда, средняя квадратическая ошибка превышения хода длиной 1 км будет.

$$m_{\text{км}} = \frac{2M_i}{\sqrt{L_{\text{км}}}} = \frac{2 * 20}{\sqrt{4}} = 20 \text{ мм}$$

Схема одиночного нивелирного хода



➤ Нивелирной сети

Применяя способ эквивалентной замены, нивелирную сеть приводят к одиночному ходу. Затем определяют вес самого слабого пункта нивелирной сети по формуле:

$$P_{H_{y31}} = \frac{L_{1.3} + L_2 + L_4 + L_5}{L_{1.3} * (L_2 + L_4 + L_5)} = \frac{0.7 + 4.7 + 4 + 0.5}{0.7 * (4.7 + 4 + 0.5)} = \frac{9.9}{6.4} = 1.5$$

$$M_{H_{y31}} = \frac{m_{\text{км}}}{\sqrt{P_{H_{y31}}}} = \frac{20}{\sqrt{1.5}} = 16$$

$$P_{H_{y32}} = \frac{L_{1.3} + L_2 + L_4 + L_5}{L_{1.3} + 2 + 4 * L_5} = \frac{0.7 + 4.7 + 4 + 0.5}{4.7} = 4.7$$

$$M_{H_{y31}} = \frac{m_{\text{км}}}{\sqrt{P_{H_{y32}}}} = \frac{20}{\sqrt{4.7}} = 9$$

(самым слабым местом является его середина).

Средняя квадратическая ошибка отметки любой точки нивелирной сети определяется по формуле:

Отсюда:

$$m_{\text{км}} = M_{H_{y31}} * \sqrt{P_{H_{y31}}} = 16 * \sqrt{1.5} = 20$$

$$m_{\text{км}} = M_{H_{y32}} * \sqrt{P_{H_{y32}}} = 9 * \sqrt{4.7} = 20$$

Если вычисленное значение средней квадратической ошибки превышения на 1 км хода удовлетворяет техническим условиям нивелирования 4 класса (т.е. $m_{\text{км}} \geq 20 \text{ мм}$), то проект нивелирных ходов считается правильным.

3.3. Приборы применяемые при нивелирование III и IV классов.

Устройство нивелира Н-3. Основными частями нивелира Н-3 являются зрительная труба и скрепленный с ней цилиндрический уровень с помощью которого визирная ось трубы приводится в горизонтальное положение.

Зрительная труба имеет закрепительный и наводящий винты.

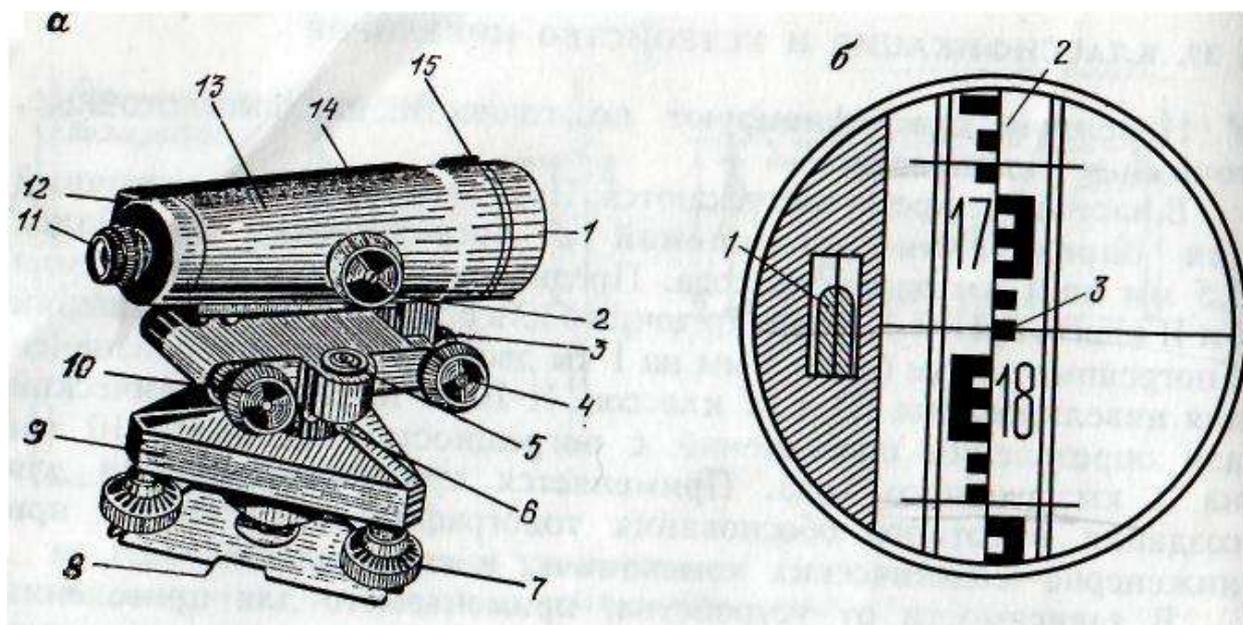
Приближенное приведение оси вращения нивелира в отвесное положение производят с помощью круглого уровня, называемого также установочным.

Элевационный винт позволяет незначительно наклонять зрительную трубу вместе с цилиндрическим уровнем относительно оси вращения нивелира.

Положение цилиндрического уровня относительно визирной оси трубы изменяют с помощью четырех исправительных винтов, расположенных слева от окуляра в торцевой части коробки уровня.

Над цилиндрическим уровнем расположено призмное устройство, позволяющее получать изображения концов пузырька. Такой уровень называется контактным. Вращением элевационного винта добиваются, чтобы изображения концов пузырька были совмещены (или произошел контакт). В этот момент пузырек будет находиться в нуль-пункте

Нивелир НЗ:



У нивелира Н-3 изображения концов пузырька передаются в поле зрения зрительной трубы.

а- части нивелира Н-3: 1-объектив зрительной трубы, 2- винт кремальеры, 3- закрепительный винт зрительной трубы, 4-наводящий винт зрительной трубы, 5-круглый уровень, 6- исправительные винты круглого уровня, 7- подъемные винты, 8-пружинящая пластина с втулкой для станового винта, 9-подставка, 10- элевационный винт, 11- окуляр

зрительной трубы, 12- торцевая часть коробки цилиндрического уровня, где расположены его исправительные винты, 13- корпус зрительной трубы, 14- коробка цилиндрического уровня, 15- мушка для приближенного наведения трубы на рейку;

б- поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3: 1- изображение концов пузырька цилиндрического уровня совмещены – пузырек в нульпункте, 2- изображение нивелирной рейки, 3- отсчеты по рейке: по средней нити 1785 мм, по дальномерным штрихам 1680 и 1890.

НИВЕЛИРНЫЕ РЕЙКИ

Для нивелирования III и IV классов применяются рейки РНЗ двусторонние — на одной стороне чередуются сантиметровые деления черного и белого цвета (черная сторона), а на другой — красного и белого цвета (красная сторона). В комплект входят две рейки. На черных сторонах реек одного комплекта нуль совпадает с пяткой рейки и деления возрастают от 0 до 30 дм; на красной стороне одной из реек с плоскостью пятки совпадает отсчет, например, равный 4687 мм, а на другой рейке — отсчет, отличный на 100 мм, например 4787 мм. Сочетание таких реек в комплекте позволяет надежно контролировать работу на станции. На боковых сторонах рейки укреплены ручки, а на одной из боковых сторон еще и круглый уровень с ценой деления $20''$ что позволяет устанавливать рейку отвесно. Для обеспечения устойчивого положения, а также предохранения от оседания или вдавливания в грунт рейки устанавливают пятками на башмаки или костыли. При нивелировании IV класса рейки можно устанавливать и на деревянные колья. Башмак — чугунная или железная подставка с тремя шипами. В верхней части ее имеется небольшой стержень, головка которого обработана под полусферу. На железном костыле имеется такой же стержень. Рейка при нивелировании устанавливается по верхнюю точку полусферы. Проверку условия: ось круглого уровня должна быть параллельна оси рейки — производят ежедневно перед началом работ. Для этого на кронштейн, укрепленный на боковой стороне рейки, подвешивают отвес, с помощью которого устанавливают рейку в отвесное положение. Если пузырек уровня отклонится от центра ампулы, то исправительными винтами его совмещают с центром ампулы. Перед началом полевых работ и по окончании их производят исследования реек, в результате чего определяют:

- а) случайные ошибки дециметровых делений;
- б) среднюю длину метра комплекта реек;
- в) разность высот нулей реек.

ГЛАВА 4. ПЛАНОВАЯ ПРИВЯЗКА АЭРОФОТОСНИМКОВ.

4.1. Общие сведения о назначении проектирования.

Проектирование выполняется на топографической карте масштаба 1:25 000, на которой предварительно размечается расположение планшетов масштаба 1:2 000 согласно общепринятой номенклатуры.

При создании карты комбинированным методом основной задачей создания планового и высотного геодезического обоснования является определение координат и высот трансформационных точек, т.е. точек, при помощи которых производится трансформирование аэроснимков. В процессе трансформирования аэроснимки приводятся к масштабу создаваемой карты и проектируются на горизонтальную плоскость.

4.2. Расчет аэрофотосъемочных работ.

В настоящее время топографические съемки крупных масштабов выполняются следующими методами: аэрофототопографическим, фототеодолитным, мензульным, тахеометрическим, горизонтальной съемки (только ситуации), вертикальной съемки (только рельефа) и нивелированием площадей. Основным является аэрофототопографический метод, который в свою очередь подразделяется на два способа: стереотопографический и комбинированный. При стереотопографическом способе местность фотографируют с самолета. Обеспечив район съемки сетью геодезических пунктов, приводят фотографии к заданному масштабу топографической съемки и составляют с помощью специальных приборов топографический план. Вся работа по подготовке топографического планшета в основном происходит в камеральных условиях в любое время года, что намного повышает эффективность этого способа по сравнению с другими. При комбинированном способе съемки контурную часть плана создают также на основе аэрофотосъемки, а съемку рельефа выполняют наземными способами: мензульным, тахеометрическим или нивелированием площади.

При применении стереотопографического метода съемки изготовление топографических карт и планов производят с использованием пар перекрывающихся аэрофотоснимков, или как их называют, с т е р е о п а р . При этом съемку как контуров, так и рельефа осуществляют в камеральных условиях. В процессе обработки используют специальные приборы, позволяющие видеть при рассматривании пары аэрофотоснимков пространственную (стереоскопическую) модель местности и вести необходимые измерения с высокой точностью.

При стереотопографической съемке применяют дифференцированный и универсальный методы.

Схема работ при составлении топографических карт (планов)

дифференцированным методом следующая:

- 1) построение геодезической основы;
- 2) аэрофотосъемка местности и фотолабораторные работы;
- 3) плановая и высотная привязка аэрофотоснимков; дешифрирование;
- 4) определение элементов ориентирования аэрофотоснимков; развитие плановых фототриангуляционных и высотных фотограмметрических сетей;
- 5) стереоскопическая рисовка рельефа;
- 6) трансформирование отдельных аэрофотоснимков и составление фотоплана местности;
- 7) вычерчивание и оформление оригинала карты.

Фотографирование местности, при аэрофотосъемке производят с самолета, автоматическими аэрофотоаппаратами (АФА) со сменными объективами и различными фокусными расстояниями. Аэрофотосъемку выполняют параллельными маршрутами, с перекрытием аэрофотоснимков в каждом маршруте. Аэрофотосъемочные маршруты рассчитывают заранее и их оси наносят на карту. Число маршрутов должно быть таким, чтобы вся местность, подлежащая съемке, была сфотографирована полностью. Направление маршрутов аэрофотосъемки при фотографировании значительных по площади территорий, как правило, устанавливают с запада на восток или с востока на запад. Для стереотопографической съемки используют плановые аэрофотоснимки, которые получают при фотографировании местности аэрофотоаппаратом, оптическая ось которого находится в отвесном положении (с отклонением до 3°).

При аэрофотосъемке масштаб фотографирования не сохраняется строго постоянным, он искажается в пределах как разных снимков, так и одного снимка. При фотографировании самолет главным образом вследствие воздушных потоков и других причин не сохраняет строго заданную высоту — это приводит к разному масштабу (в небольших пределах) аэрофотоснимков. Масштаб фотографирования в пределах одного аэрофотоснимка искажается за счет наклона самолета в момент фотографирования, неровностей местности и искажений собственно фотографирования. Масштаб изображения на аэрофотоснимке изменяется от центральной части к краям, причем чем ближе к краям, тем изменение масштаба больше. Таким образом, фотографическое изображение на краях аэрофотоснимка нельзя назвать полноценным. Поэтому используют только среднюю часть аэрофотоснимка, так называемую рабочую площадь.

Аэрофотосъемку производят так, чтобы аэрофотоснимки перекрывались вдоль по маршруту (продольное перекрытие) и поперек маршрута (поперечное перекрытие). Продольное перекрытие необходимо для стереоскопического рассматривания аэрофотоснимков. Величины перекрытий устанавливают в зависимости от масштаба съемки и рельефа местности.

Для расчета числа маршрутов, необходимых для съемки участка, необходимо иметь заданные значения масштаба фотографирования, формат аэрофотоснимка, заданные проценты продольного и поперечного перекрытий, размеры съемочного участка.

Таблица 2.

Масштаб плана	Масштаб фотографирования	Фокусное расстояние АФА, мм	Тип фототрансформатора
1:5 000	1:20 000	200, 100	Seg-V
	1:15 000	350	ФТБ
	1:10 000	350, 200, 100	ФТБ, ФТМ
1:2 000	1:8 000	500, 350, 200	Seg-V
	1:4 500	500, 350, 200	ФТБ, ФТМ
1:1 000	1:5 000	500, 350, 200	Seg-V
	1:2 400	500, 350, 200	ФТБ, ФТМ
1:500	1:3 000	500, 350, 200	Seg-V
	1:1 200	500, 350, 200	ФТБ, ФТМ

1. Высоту фотографирования.

$$H = f_k m = 0,2 \cdot 200 = 40\text{м}$$

Где f_k –фокусное расстояние АФА,

m –знаменатель масштаба фотографирования.

2. Базис аэрофотоснимка.

$$b = \frac{l_x}{100} (100 - P\%) = \frac{18}{100} (100 - 80\%) = 0,18 \cdot 20 = 3,6 \text{ см}$$

Где $l_x = l_y$ –формат аэроснимка.

P –продольное перекрытие.

3. Базис фотографирования.

$$B = bm = 3,6 \cdot 200 = 720\text{м} \div 250 = 2,9 \text{ см}$$

4. Расстояние между маршрутами в масштабе аэрофотосъемки.

$$dy = \frac{l_y}{100} (100 - q\%) = \frac{18}{100} (100 - 40\%) = 0,18 \cdot 60 = 10,8$$

Где q –поперечное перекрытие аэроснимков.

5. Расстояние между маршрутами на местности.

$$D_y = dym = 10,8 \cdot 200 = 2120 \div 250 = 8,7\text{см}$$

6. Количество аэрофотоснимков в маршруте.

$$L = \frac{8000}{720} + 3 = 14$$

Где C –длина съёмочного участка.

7. Количество аэрофотоснимков на весь лётно-съёмочный участок.

$$N = LK = 14 * 4 = 56$$

$$\text{Где } K = \frac{D}{D_y} = 4$$

D — ширина съёмочного участка.

4.3. Выбор точек для плановых опознаков.

Плановые и высотные опознаки

Чтобы изготовить фотоплан — общую одномасштабную фотографию местности в пределах рамки плана или карты по разномасштабным плановым аэрофотоснимкам, — необходимо на каждом снимке устранить искажения и привести аэрофотоснимки к масштабу создаваемого плана. Это выполняется путем трансформирования аэрофотоснимков на специальных фотограмметрических приборах — трансформаторах.

Вследствие трансформирования средняя часть снимка становится практически равноценной ортогональной проекции.

Для трансформирования аэрофотоснимка нужно иметь в пределах его рабочей площади четыре точки с известными координатами, расположенные примерно по углам.

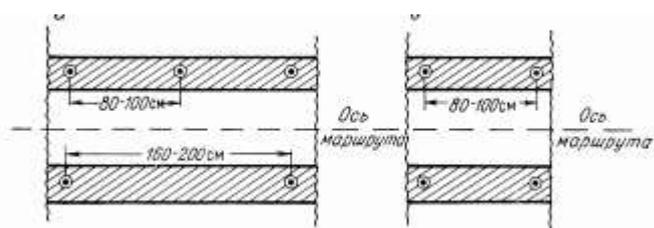
Любая контурная точка, опознанная на аэрофотоснимке и на местности, координаты которой определены геодезическим способом, называется опорной точкой, или плановым опознаком (ОП), а полевые работы по определению координат опознаков — привязкой аэрофотоснимков, или полевой плановой подготовкой аэрофотоснимков. Положение четырех трансформационных точек для каждого аэрофотоснимка — плановых опознаков при так называемой сплошной плановой привязке может быть определено из наземных геодезических работ, но тогда существенно увеличатся объем и стоимость работ. Поэтому в полевых условиях производится разреженная привязка, при которой определяются координаты двух-трех опознаков на маршрут, а плановое положение четырех трансформационных точек каждого снимка получают в камеральных условиях методами графической фототриангуляции, фотополигонометрии и построением сетей на приборах универсального типа. Положение опорных точек устанавливают этими методами с ошибкой [порядка 0,3 мм на плане. Опираясь на указанные точки, производят трансформирование аэрофотоснимков, из которых затем монтируют фотоплан.

В настоящее время производят только разреженную плановую привязку аэрофотоснимков. Густота и размещение опознаков зависят от масштаба создаваемого плана (карты), масштаба аэрофотоснимка и фотограмметрического метода сгущения. При создании планов в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500 на участках, протяженность которых в направлении маршрутов аэрофотосъемки составляет 160—200 см в масштабе создаваемого плана, опознаки располагают по схеме, приведенной на рисунке. На участках меньшей длины каждая секция фотограмметрической сети обеспечивается на концах парами опорных точек, расположенных по разные стороны от оси маршрута. Расстояния между опорными точками в направлении маршрута могут составлять 80—100 см в масштабе плана

Начало и конец каждого маршрута аэрофотосъемки обеспечиваются двумя плановыми опознаками, один из которых должен находиться за границей участка

съемки. Границы, совпадающие с направлением маршрутов аэрофотосъемки, обеспечивают дополнительными точками посередине (через 40—50 см), если число маршрутов на участке больше трех.

В качестве плановых опознаков выбирают четкие контурные точки, положение которых можно определить на аэрофотоснимке и отождествить на местности со средней квадратической ошибкой, не превышающей 0,1 мм в масштабе составляемого плана. Это могут быть перекрестки дорог, троп, просек, троп с границами полевых культур и т. д. Нельзя плановые опознаки выбирать на крутых склонах, на округлых контурах леса и сельскохозяйственных культур, а также использовать отдельно стоящие деревья, кусты, углы высоких построек (из-за теней).



При отсутствии в районе работ естественных контуров, которые могли бы быть использованы в качестве плановых опознаков, создают на местности искусственные

различные геометрические фигуры, которые должны отчетливо изобразиться на аэрофотоснимках, т. е. маркируют точки полевой плановой подготовки аэрофотоснимков.

Для всех плановых опознаков одновременно с определением координат находят их высоты над уровнем моря.

Для создания высотной части карты по аэрофотоснимкам на них должны быть точки с известными высотами. Определение высот этих точек — высотных опознаков (ОВ) и опознавание их на аэрофотоснимках называется высотной привязкой, или полевой высотной подготовкой аэрофотоснимков.

При съемке в крупных масштабах высотная подготовка аэрофотоснимков может выполняться в вариантах полной или разреженной подготовки в зависимости от масштаба фотографирования,

высоты сечения рельефа, характера участка съемки и технических характеристик аэрофотоаппарата.

При полной высотной подготовке высотные опознаки располагаются в углах каждой стереопары в зонах поперечного перекрытия аэрофотоснимков. Кроме того, для контроля определяется на каждой стереопаре пятая высотная точка.

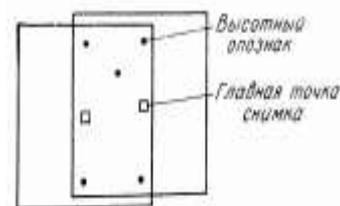
При разреженной высотной подготовке количество высотных опознаков и их расположение зависят от высоты сечения рельефа. При съемках с высотами сечения рельефа 0,5 и 1 м высотные опознаки располагают попарно, по обе стороны от оси маршрута в зонах поперечного перекрытия аэрофотоснимков соседних маршрутов на расстоянии 2—2,5 км в направлении маршрутов. При съемках с высотами сечения рельефа 2 и 5 м высотные опознаки совмещают с плановыми.

Крайние на снимаемом участке аэрофотоснимки обеспечиваются большим количеством высотных опознаков; при высоте сечения рельефа 0,5 и 1 м проводится полная высотная подготовка аэро-рельефа 0,5 и 1 м проводится полная высотная подготовка аэрофотоснимков граничных маршрутов; при высоте сечения рельефа 2 м

прокладывают высотный ход по аружному краю маршрута с обеспечением каждой стереопары двумя высотными познаками; при высоте сечения рельефа 5 м высотные опознаки определяются с интервалами в 2—3 базиса фотографирования.

Высотные опознаки или совмещают с замаркированными точками, или выбирают на надежно опознаваемых контурах. Нельзя в качестве высотных опознаков выбирать точки, расположенные на крутых склонах, в оврагах и т. п. Ошибки опознавания точки на местности и отождествления ее на аэрофотоснимке не должны приводить к ошибке в высоте точки более $V10$ высоты сечения рельефа.

Высотные опознаки или совмещают с замаркированными точками, или выбирают на надежно опознаваемых контурах. Нельзя в качестве высотных опознаков выбирать точки, расположенные на крутых склонах, в оврагах и т. п. Ошибки опознавания точки на местности и отождествления ее на аэрофотоснимке не должны приводить к ошибке в высоте точки более $V10$ высоты сечения рельефа.



Проектирование, маркировка и привязка плановых и высотных опознаков

Проект полевой плановой и высотной подготовки аэрофотоснимков составляют одновременно с проектированием маршрутов предстоящего залета и размещения опознаков на топографической карте. Определение плановых опознаков проектируют в дополнение к имеющимся на местности пунктам государственных геодезических сетей и сетей сгущения с расчетом обеспечения необходимой опорой каждой секции фотограмметрической сети.

В проекте намечают зоны расположения опознаков, предусматривают методы их привязки к пунктам государственной геодезической сети и сети сгущения, устанавливают места полевых определений урезов воды в водоемах. В проекте должны быть показаны имеющиеся на местности пункты государственных геодезических сетей, государственного нивелирования и сетей сгущения. При проектировании должны быть наилучшим образом удовлетворены требования, предъявляемые к размещению опознаков, и учтены возможности наиболее быстрого и дешевого выполнения геодезических

работ на местности.

Опознаки закрепляют на местности знаками, обеспечивающими долговременную сохранность пунктов, и временными знаками с расчетом на сохранность точек на время полевых работ. Закрепление долговременными знаками производят с таким расчетом, чтобы на каждом планшете было закреплено не менее трех точек при съемке в масштабе 1 : 500 и одной точки при съемке в масштабе 1 : 2000, включая пункты государственной геодезической сети и сетей сгущения.

Опознавание пунктов производят на снимках (контактных отпечатках) непосредственно на местности. При этом опознают пункты геодезического обоснования, замаркированные точки, а также выбранные в качестве опорных точек контуры. Опознанные контуры накалывают тонкой иглой (отверстие накала не более 0,2 мм) с лицевой стороны снимка,

обводят пунктиром и нумеруют, а на обратной стороне составляют абрис в масштабе более крупном, чем масштаб аэрофотоснимка, и описание точки. Перед наколом необходимо убедиться, что данная точка отчетливо изобразилась на всех перекрывающихся аэрофотоснимках. Пункты геодезического обоснования и четко изобразившиеся замаркированные точки, не накалывая, обводят на лицевой стороне аэрофотоснимка окружностью, центрированной в опознанной точке, и рядом подписывают его номер или название.

Если замаркированный знак отчетливо выделяется на аэрофотоснимке только при рассмотрении в лупу, то местоположение его (также без чакола) обводят кружком на обратной стороне аэрофотоснимка. Координаты плановых опознаков определяют методами, применяемыми для создания планового съемочного обоснования: путем многократных засечек (прямых, обратных, комбинированных, триангуляционных построений, проложением теодолитных ходов и полярным способом (измерением расстояния до исходного пункта и примычного угла). Способ определения координат выбирается в зависимости от характера местности и плотности пунктов геодезической сети.

4.4. Расчет точности планового положения опознаков.

В нашем случае целью расчета аэрофотосъемочных работ является определение положений на карте зон тройных продольных и поперечных перекрытий, внутри которых будут проектироваться опознаки, т.е. точки планово-высотного обоснования, по которым в дальнейшем производится трансформирование аэрофотоснимков. При производстве расчетов следует принять продольное перекрытие аэрофотоснимков 60%, поперечное перекрытие-30%. Согласно Инструкции по топографическим съемкам в масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 и 1:500 значения масштабов фотографирования при изготовлении фотопланов, определяемые в зависимости от заданного масштаба плана, фокусного расстояния АФА и типа фототрансформатора, даны в табл.2.

Согласно таблицы 1 при производстве расчетов студент использует свой вариант со значениями масштаба фотографирования и фокусным расстоянием аэрофотоаппарата, представленным в приложение.

При расчетах аэрофотосъемочных работ вычисляют:

По выполненным расчетам на кальке составляется схема летно-съемочных работ в масштабе 1:25 000, на которой показываются летно-съемочные маршруты с изображением центров фотографирования, зоны тройных продольных и поперечных перекрытий. Отдельно выделяют зоны тройных продольных и поперечных перекрытий, внутри которых в дальнейшем будут располагаться опознаки.

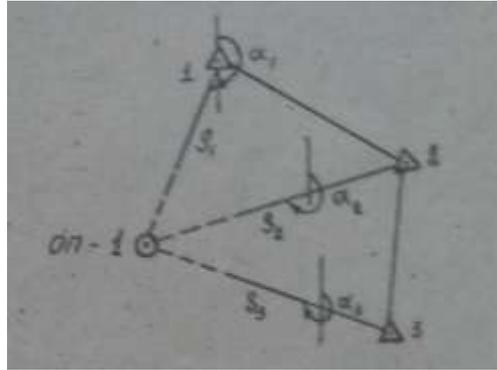
Выбор точек для плановых опознаков

Расчет точности производится для трех опознаков, привязанных способом многократной прямой и обратной засечек и прокладыванием теодолитного хода. Для оценки точности выбирают те опознаки, которые имеют наилучшие условия определения. Наихудшими условиями для засечек являются острый угол при определяемой точке, большие расхождения расстояний от определяемой до опорных пунктов.

В качестве опознаков выбирают ясно выраженные контурные точки (пересечение дорог, изгиб дорог, угол пашни и т.д.), расположенные на ровной местности.

а) Многократная прямая засечка.

По карте определяют расстояния S_i от опознака до опорных пунктов и с помощью транспортира измеряют дирекционные углы α_i .



Среднюю квадратическую ошибку положения опознака вычисляют по формуле:

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$$

Здесь

$$m_x = \frac{m''_{\beta}}{10\sqrt{P_x}}$$

$$m_y = \frac{m''_{\beta}}{10\sqrt{P_y}}$$

P_x и P_y получают путем вычисления весовых коэффициентов и решения нормальных уравнений.

$$P_x = \frac{D}{[bb]}$$

$$P_y = \frac{D}{[aa]}$$

$$D = [aa][bb] - [ab][ab]$$

$$a_i = \frac{(a)_i}{S_{икм}}$$

$$a_i = -\frac{\sin \alpha}{10\,000} \rho''$$

$$b_i = \frac{(b)_i}{S_{икм}}$$

$$b_i = \frac{\cos \alpha}{10\,000} \rho''$$

При определении коэффициентов нормальных уравнений результаты вычислений помещают в следующей таблице:

Направ.	α	(a)	(b)	$S_{км}$	a	b	aa	ab	bb
1	25°	-8,7	18,7	1,4	-6,2	13,4	38,4	-83,1	179,5
2	40°	-13,2	15,8	1,0	-13,2	15,8	174,2	-208,5	249,6
3	29°	-10	18	0,6	-16,7	30	278,9	-501	900
							491,5	-792,6	1329,1
							[aa]	[ab]	[bb]

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{0,046^2 + 0,028^2} = 0,053$$

$$m_x = \frac{m''_{\beta}}{10\sqrt{P_x}} = \frac{2}{10\sqrt{18,8}} = 0,046$$

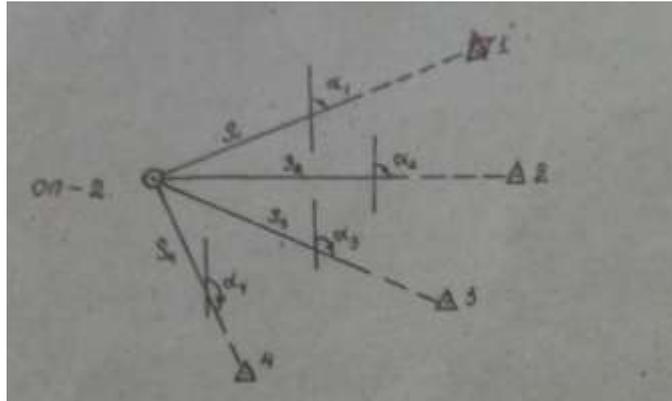
$$m_y = \frac{m''_{\beta}}{10\sqrt{P_y}} = \frac{2}{10\sqrt{50,9}} = 0,028$$

$$P_x = \frac{D}{[bb]} = \frac{25037,9}{1329,1} = 18,8$$

$$P_y = \frac{D}{[aa]} = \frac{25037,9}{491,5} = 50,9$$

$$D = [aa][bb] - [ab][ab] = 491,5 * 1329,1 - (-792,6 * -792,6) = 25037,9$$

б) Многократная обратная засечка.



Средняя квадратическая ошибка положения опознака:

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$$

$$m_x = \frac{m''\beta}{10\sqrt{P_x}}$$

$$m_y = \frac{m''\beta}{10\sqrt{P_y}}$$

$$P_x = \frac{D}{[BB]}$$

$$D = [AA][BB] - [AB][AB]$$

$$P_y = \frac{D}{[AA]}$$

$$A_i = a_{i+1} - a_1$$

$$B_i = b_{i+1} - b_1$$

$$a_i = -\frac{(a)_i}{S_{KM}}$$

$$b_i = -\frac{(b)_i}{S_{KM}}$$

$$(a)_i = -\frac{\sin \alpha}{10\,000} \rho''$$

$$(b)_i = \frac{\cos \alpha}{10\,000} \rho''$$

Направ	α	(a)	(b)	S_{KM}	a	b	A	B	AA	AB	BB
1	357°	-1,1	20,1	0,8	-1,4	25,1	-24	7,3	576	-175,2	53,3
2	322°	-12,7	16,2	0,5	-25,4	32,4	-8,1	-24,7	65,6	200,1	610,1
3	283°	-20,1	4,6	0,6	-33,5	7,7	6,4	-19,3	41	-123,5	372,5
4	247°	-19	-8,1	0,7	-27,1	-11,6			682,6	-98,6	1035,9
									[AA]	[AB]	[BB]

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{0,0077^2 + 0,0062^2} = 0,0098$$

$$m_x = \frac{m''_{\beta}}{10\sqrt{P_x}} = \frac{2}{10\sqrt{673,2}} = 0,0077$$

$$m_y = \frac{m''_{\beta}}{10\sqrt{P_y}} = \frac{2}{10\sqrt{1021,6}} = 0,0062$$

$$P_x = \frac{D}{[BB]} = \frac{697383,4}{1035,9} = 673,2$$

$$P_y = \frac{D}{[AA]} = \frac{697383,4}{682,6} = 1021,6$$

$$D = [AA][BB] - [AB][AB] = 682,6 * 1035,9 - (-98,6 * -98,6) = 697383,4$$

Согласно наставлениям по топографическим съемкам в масштабах 1:10 000 и 1:25 000 предельная ошибка положения опознаков, определенных аналитическим способом, равна:

$$np. m_p = \pm 1.4 м$$

Следовательно, средняя квадратическая ошибка равна:

$$m_p = \pm 0.7 м$$

При определении средней квадратической ошибки положения опознаков можно признать, что средняя квадратическая ошибка измерения угла равна:

$$m''_{\beta} = \pm 30''$$

Если вычисленное значение средней квадратической ошибки положения опознака окажется больше предельной, то вычисления производят заново, при этом m''_{β} придают новое значение, т.е. для измерения углов выбирают другой тип теодолита.

Для того чтобы добиться ожидаемой точности, нужно определить число приемов измерения углов по известной формуле:

$$n = \frac{m_y^2 + \frac{m_0^2}{2}}{m_{\beta}^2} = \frac{15^2 + \frac{15}{2}}{15^2} = 1,03$$

Для измерения углов предусматривается использовать технические теодолиты (Т 15, Т30, ТТ-5).

в) Теодолитный ход.

Привязка опознаков теодолитными ходами применялась в случае непосредственной близости опознака к пунктам геодезического обоснования и в тех случаях, когда невозможно использовать методы многократных засечек.

Основные требования Инструкции к теодолитным ходам.

Различают три вида теодолитных ходов по относительной ошибке: это ходы с относительной ошибкой 1/3000, 1/2000 и 1/1000. При масштабе топографической съемки 1:2000 установлена максимальная длина таких ходов, соответственно 6 км, 4 км и 2 км. Допустимые длины сторон в любом из трех типов ходов от 20 до 350 метров. На число сторон Инструкция ограничений не накладывает.

На точках ходов углы должны измеряться двумя полными приемами; центрирование теодолита производится по встроенному оптическому центру.

Для расчета точности выбирают наиболее длинный ход.

Ошибка в положении самой слабой точки хода не должно превышать предельной ошибки ± 1.4 м.

Измерение линий производится оптическими дальномерами двойного изображения (ОТД ,ДНР-06),которые обеспечивают точность измерений с относительной ошибкой порядка 1:2 000.

Определяют предельную относительную ошибку теодолитного хода:

$$\text{пр. } f_s = \frac{[S]}{T} = \frac{5725}{2000} = 2,86$$

Средняя квадратическая ошибка будет:

$$M = \frac{\text{пр. } f_s}{2} = \frac{2,86}{2} = 1,43$$

Где: $[S]$ - периметр хода. $T = 2\ 000$.

С помощью формулы можно определить длину проектируемого хода.

Длина сторон теодолитного хода должна быть не менее 350 м. Оптимальная длина сторон- 150-200 м.

Среднюю квадратическую ошибку в положении самого слабого пункта определяют по формуле:

$$M^2 = m_s^2 n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n+3}{12}$$

По принципу равных влияний, т.е.

$$m_s^2 n = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n+3}{12} \quad \text{имеем}$$

$M^2 = 2m_s^2 n$,отсюда, средняя квадратическая ошибка измерений линий будет:

$$m_s = \sqrt{\frac{M^2}{2n}} = \sqrt{\frac{1,43^2}{2 * 6}} = 0,41$$

По величине m_s выбирают тип мерного прибора для линейных измерений. Для расчета точности угловых измерений по принципу равных влияний имеем:

$$M^2 = 2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n+3}{12}$$

Отсюда, средняя квадратическая ошибка измерения угла будет:

$$m''_\beta = \sqrt{\frac{6M^2 \rho^2}{[S]^2 (n+3)}} = \sqrt{\frac{6 * 1,43^2 * 206265^2}{5725^2 * (6+3)}} = 42,06$$

По величине m''_β выбирают тип мерного прибора для угловых измерений.

Заключение

В данной курсовой работе было выполнено проектирование и предварительный расчет точности опорной межевой сети в виде полигонометрии IV-го класса.

Были решены следующие поставленные задачи: закрепление и расширение специальных знаний, приобретение опыта проектирования, самостоятельного обобщения выводов и рекомендаций на основе выполненных расчетов.

Проектирование выполнялось в соответствии с требованиями к построению государственных геодезических сетей, изложенных в «Основных положениях о построении государственных геодезических сетей».

Полигонометрический ход проложен между пунктами триангуляции, имеющимися на карте с учетом топографии района. Ход запроектирован на местности, наиболее благоприятной для производства линейных и угловых измерений, вытянутой и изогнутой формы. На основе критериев вытянутости хода было определено, что запроектированный в данной работе полигонометрический ход является вытянутым, также был произведен расчет точности полигонометрического хода, расчет точности положения конечной точки хода, расчет точности линейных измерений и расчет точности угловых измерений.

В результате проделанной работы был создан проект аэрофотосъемочных и наземных геодезических работ для создания карт масштаба 1:25000. Для этого запроектированы маршруты аэрофотосъемки, 9 планово-высотных опознаков, 2 полигонометрических хода IV класса для сгущения геодезической основы в районе съемки; 1 многократная прямая засечка и 1 многократная обратная засечка для привязки опознаков в плане и по высоте.

Составлен проект и предрасчет точности для проложения полигонометрических и нивелирных ходов; даны рекомендации по выполнению этих работ.

Запроектирована привязка опознаков в плане, сделаны выводы о рассчитанной точности и даны рекомендации по выбору инструментов для проведения работ.

Список литературы

1. Основные положения о построении государственных геодезических сетей. - М.: Недра, 1974.-180с.
2. .Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации, М.: ЦНИИГАиК, 2004 г. - 14 с.
3. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. - М: Недра, 1974.-160с.
4. Селиханович А.И. Учебник по геодезии для вузов. - М: Недра, 1982.-300с.
5. Методические указания к лабораторной работе «Уравнивание полигонометрических сетей способом последовательных приближений»/Сост. И.А.Басова/ТулГУ. - Тула, 1994.-19с.
- 6.Поклад Г.Г., Гриднев С. П. Геодезия: учебное пособие для вузов, М.: Академический Проект, 2007. - 592 с.
- 7.Давыдов М. Ф., Прудников Г. Г. Геодезия: учебник для техникумов. - Недра, 1984 - 174 с.
- 8.Неумывакин Ю. К., Перский М. И. Земельно-кадастровые геодезические работы - М.: Колосс, 2006. - 184 с.
- 9.Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и (ЗР5. - М.: ЦНИИГАиК, 2002 г.-54 с.
- 10.Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС и 6Р5. - М.: ЦНИИГАиК, 2003 г. - 65 с.
- Недра, 1971.
11. Баканова В. В. Геодезия. М., Недра, 1980.
12. Башлавин JJ. А . у Логинова Г. П . Методические указания по барометрическому нивелированию. М., МИИГАиК, 1972.
13. Болотов П. А., Шубин С. В .у Рейман И. А. Практикум по основным геодезическим работам. М., Недра, 1977.
14. Большаков В. Д. Теория ошибок наблюдений с основами теории вероятностей. М., Недра, 1965.
15. Большаков В. Д ., Гайдаев П. А. Теория математической обработки геодезических измерений. М., Недра, 1977.
16. Большаков В. Д ., Маркузе Ю. И. Городская полигонометрия. Уравнивание и проектирование. М., Недра, 1979.
17. Высшая геодезия/Зданович В. Г., Белоликов А. Н., Гусев Н. А. и др. М., Недра, 1970.
18. Ганьшин В. Я., Коськов Б. Хренов Л. С. Справочное руководство по крупномасштабным съемкам. М., Недра, 1977.
19. Гайдаев П. А. Математическая обработка геодезических сетей. М., Недра, 1977.
- И. Генике А. А., Ларин Б. А . у Назаров В. М. Геодезические фазовые дальномеры. М., Недра, 1974.
20. Маслов А. В .у Гордеев А. В .у Батраков Ю . Г. Геодезия. М., Недра, 1980.