М о с Г У Г К

К а ф е д р а г е о д е з и и

К у р с о в а я р а б о т а п о т е м е :

" Создание проекта планово-высотного обоснования для стереотопографической съемки в масштабе 1:5000

с высотой сечения рельефа 2 метра "

Выполнил:

студент II курса Кузнецов П.Н.

- МОСКВА 1994 -

Содержание.

Введение..........................................................1

I. Определение географических координат углов рамки исходной трапеции N-41-40-А-б. Определе­ние номенклатуры и географических координат листов карты масштаба 1:5000, покрывающих ис­ходную карту......................................................3

II. Составление проекта размещения плановых и

высотных опознаков................................................5 III. Сгущение геодезической основы с использо-

ванием светодальномерной полигонометрии 4

класса. Составление проекта полигонометричес­ких ходов, установление их формы и определение предельной ошибки планового положения точки в слабом месте хода. Расчет влияния ошибок ли­нейных измерений. Проектирование базиса для уточнения постояныых светодальномера. Расчет влияния ошибок угловых измерений. Расчет точ­ности определения высот пунктов полигонометрического хода........11

IV. Составление проекта плановой привязки опознаков........................................................24

1. Многократная обратная засечка...........................27

2. Многократная прямая засечка.............................30

3. Привязка разрядным полигонометричес-

ким ходом..................................................32

4. Плановая привязка опознаков теодолит-

ными ходами................................................34

V. Составление проекта высотной привязки опоз­наков............................................................37

1. Тригонометрическое нивелирование при засечках...................................................38

2. Тригонометрическое нивелирование при

проложении теодолитных ходов...............................40

3. Геометрическое нивелирование по линии

хода разрядной полигонометрии..............................42 Заключение.......................................................43 Литература.......................................................44

Введение.

Топографические карты и планы создают при помощи топографичес­ких съемок или по материалам топографических съемок, как правило, более крупных масштабов.

Топографическая съемка представляет комплекс работ, выполняемых с целью получения съемочного оригинала топографической карты или плана, а также топографической информации в другой форме.

Топографические съемки выполняются следующими методами: стерео­топографическим, комбинированным аэрофототопографическим, мензуль­ным, наземным фототопографическим, тахеометрическим и теодолитным. Основными методами съемки являются стереотопографический и комбини­рованный.

Целью настоящей работы является составление проекта планово-вы­сотного обоснования для создания карт масштаба 1:5000 с высотой се­чения рельефа 2 метра. Съемка будет выполнятся стереотопографическим методом на территории, ограниченной рамкой трапеции карты масштаба 1:25000.

I. Определение географических координат углов рамки исходной трапеции: N-41-40-А-б. Определе­ние номенклатуры и географических координат лис­тов карты масштаба 1:5000, покрывающих исходную

карту.

Для реализации поставленной задачи прежде всего требуется опре­делить географические координаты углов рамки исходной трапеции карты масштаба 1:25000, а также найти номенклатуры и географические коор­динаты углов рамок трапеций карт масштаба 1:5000, покрывающих исход­ный двадцатипятитысячный лист, то есть тех, которые получатся в ре­зультате съемки.

Разграфка топографических карт основывается на листе карты мас­штаба 1:1000000. Поверхность Земли в равноугольной поперечно - ци­линдрической проекции Гаусса поделена по широте на четырехградусные пояса, каждый из которых обозначаются заглавной латинской буквой от экватора к полюсам (A, B, C,...,V); и на шестиградусные зоны по дол­готе, которые обозначаются цифрами от единицы до шестидесяти в нап­равлении от гринвичского меридиана на восток. Однако непосредственно в номенклатуре миллионного листа присутствует не номер зоны, а номер колонны, который отличается от последнего на 30.

На рис. #1 показаны 4 листа карты масштаба 1:1000000, у которых обозначены географические координаты углов рамок.

Таким образом, исходная трапеция карты 1:25000 с номенклатурой N-41-40-А-б имеет в своей основе лист карты миллионного масштаба N-41. По приведенным выше положениям были найдены географические ко­ординаты углов рамки его трапеции (рис. #2)

Листы карт крупных масштабов (в том числе и масштаба 1:25000) имеют в основе лист масштаба 1:100000, который получается путем де­ления миллионного листа на 144 части. Таким образом лист карты масш­таба 1:1000000 размером 4х6 градусов содержит в себе 144 стотысячных листа с размерами рамок 20х30 минут (каждый из них пронумерован от 1 до 144). На рис. #3 показан лист масштаба 1:1000000 и процесс полу­чения из него листа масштаба 1:100000.

Далее, получили лист карты масштаба 1:50000 (рис. #4), поделив стотысячный лист на 4 части (пятидесятитысячные листы обозначаются заглавными русскими буквами от А до Г), размерами 10х15 минут.

И, наконец, делением листа карты масштаба 1:50000 на 4 части размерами 5х7.5 минут (обозначаются строчными русскими буквами а,...,г), определили географические координаты исходной карты масш­таба 1:25000 (рис. #5).

Топографические карты масштаба 1:5000 , как было сказано выше, получаются непосредственно из листа стотысячной карты, путем деления его на 256 частей (размерами 1'15"х1'52.5"). При этом, полученные пятитысячные листы нумеруются от 1 до 256 и этот номер в номенклату­ре берется в скобки. На рис. #7 показан фрагмент листа карты масшта­ба 1:100000 (его северо-западный угол) с покрывающими ее пятитысяч­ными листами. Двойной линией показан лист исходной карты масштаба 1:25000.

Номенклатуры и географические координаты двух углов (северо-за­падного и юго-восточного) рамок трапеций карт масштаба 1:5000, пок­рывающих исходный лист двадцатипятитысячного масштаба, сведены в таблицу #1.

II. Составление проекта размещения плановых и высотных опознаков.

Для того, чтобы выполнить аэрофотосъемочные работы необходимо определить маршруты, по линиям которых должен будет пролететь само­лет с установленной на нем аэрофотосъемочной аппаратурой, масштаб фотографирования местности и количество снимков, которые необходимо выполнить для полного фотографирования района съемки.

Аэрофотосъемка выполняется таким образом, что снимки перекрыва­ются вдоль по маршруту (продольное перекрытие) и поперек маршрута (поперечное перекрытие). Значения эти величин устанавливаются Инст­рукцией в зависимости от вида съемки, внешних условий, характера снимаемой местности и ее рельефа и обычно выражаются в процентах от общей площади аэрофотоснимка. Для крупномасштабных съемок требуется, чтобы продольное перекрытие составляло 80-90%, а поперечное - 30-40% от площади аэрофотоснимка.

Для проектируемых работ установили величину продольного перек­рытия - 90%, а величину поперечного перекрытия - 30%.

Масштабы фотографирования устанавливаются Инструкцией исходя из масштаба создаваемой карты, фокусного расстояния аэрофотосъемочного аппарата и типа фототрансформирующего прибора. При крупномасштабной съемке равнинных территорий обычно производят аэрофотосъемку в масш­табе 1:15000.

Стандартный размер снимка, получаемый в результате фотографиро­вания местности, составляет 18х18 см.

Ось первого маршрута самолета совмещается с северной рамкой ис­ходной карты масштаба 1:25000. Расстояние между маршрутами вычисля­ются по известной фотограмметрической формуле:

100-q

d = ------- l m ,

100

где d - расстояние между маршрутами аэрофотосъемки в проекции на местности, q - величина поперечного перекрытия, l - ширина аэро­фотоснимка и m - знаменатель масштаба фотографирования.

При заданных выше условиях, по данной формуле было получено расстояние между маршрутами аэрофотосъемки, которое должно выдержи­ваться при съемке для обеспечения 30-процентного поперечного перек­рытия. Его величина составила 1890 метров (7.56 см на исходной кар­те). Это расстояние откладывалось на кальке в масштабе исходной кар­ты, пока маршруты не покрыли всю площадь съемки. Таким образом было посчитано необходимое для выполнения фотографирования количество маршрутов аэрофотосъемки - 5.

Последний маршрут оказался за пределами снимаемой территории, однако его наличие необходимо для обеспечения выполнения заданных условий съемки, а также для перекрытия со снимками, которые будут получены с соседнего района съемок.

На кальке маршруты фотографирования показаны линиями зеленого цвета.

Далее, необходимо рассчитать количество снимков, которые должны приходиться на один маршрут, для обеспечения 90-процентного продоль­ного перекрытия, то есть базис фотографирования. Базисом фотографи­рования называют расстояние между главными точками аэрофотоснимков, приведенное к расстоянию на местности, при заданной величине про­дольного перекрытия. Базис фотографирования рассчитывается по следу­ющей фотограмметрической формуле:

100-p

b = ------- l m ,

100

где b - базис фотографирования в проекции на местности, p - ве­личина продольного перекрытия, выраженного в процентах от площади снимка, l - длина аэрофотоснимка и m - масштаб фотографирования.

При заданных величинах продольного перекрытия - 90%, длины аэ­рофотоснимка - 18 см и масштаба фотографирования 1:15000, длина ба­зиса, рассчитанного по формуле, составляет 270 метров в проекции на местности (1.08 см на исходной карте двадцатипятитысячного масшта­ба). Данная величина базиса фотографирования была отложена на кальке столько раз, сколько необходимо для полного покрытия аэрофотосъемкой района фотографирования, и также было посчитано число базисов (а значит и снимков), приходящихся на один маршрут.

На кальке проекции на местность главных точек показаны кружками зеленого цвета, которые располагаются вдоль оси первого маршрута, а, очевидно, проекция базиса фотографирования есть расстояние от центра одного кружка до соседнего. Число снимков, приходящихся на один мар­шрут составило 40 штук, а, следовательно, при пяти маршрутах общее число снимков составит 200 штук.

Для того, чтобы после выполнения аэрофотосъемки изготовить фо­топлан - общую фотографию местности в пределах рамки исходной карты по аэрофотоснимкам, необходимо устранить искажения, присущие каждому снимку, и привести их к одному масштабу - то есть выполнить транс­формацию снимков. Для этого необходимо иметь на снимке, в пределах его рабочей плоскости, 4 точки с известным плановым положением, при­чем расположенные примерно по углам.

Любая четкая контурная точка, легко опознаваемая на местности и аэрофотоснимке, координаты которой определены геодезическим методом, называется плановым опознаком (ОП), а полевые работы по определению координат опознаков, называются привязкой опознаков.

Определение положения четырех опознаков для каждого аэрофотос­нимка наземными геодезическими способами называется сплошной плано­вой привязкой. Однако такой объем работ существенно повышает стои­мость производства съемки, поэтому, как правило, используют разре­женную привязку - то есть определение двух-четырех опознаков на каж­дый маршрут, а координаты четырех трансформационных точек для каждо­го снимка получают методами графической фототриангуляции, фотополи­гонометрии и построением сетей на универсальных приборах в камераль­ных условиях.

Для создания высотной части фотоплана, на аэрофотоснимках долж­ны присутствовать точки с известными высотами. Эти точки называют высотными опознаками (ОВ), а определение их отметок - высотной при­вязкой.

Инструкция позволяет совмещать плановые и высотные опознаки (ОПВ) для топографических съемок с высотами сечения рельефа 2 и 5 метров.

В качестве 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. Опознаки нельзя выбирать на крутых скло­нах, на округлых контурах леса, и сельскохозяйственных культур, а также использовать отдельно стоящие деревья, кусты и углы высоких построек (из-за влияния теней). При отсутствии на местности естест­венных контуров, которые могут быть использованы в качестве опозна­ков, производят маркировку точек, то есть создают на местности гео­метрические фигуры, которые отчетливо изобразятся на аэрофотосним­ках.

Инструкция требует проектирования опознаков в зонах двойного продольного и тройного поперечного перекрытия аэрофотоснимков. Гра­ницы зон поперечного перекрытия, располагающиеся по обе стороны от оси маршрута на расстоянии

1

z = --- l m

2

(1350 метров или 5.4 см на исходной карте масштаба 1:25000), показаны на кальке сплошными линиями желтого цвета; в этих зонах в последствии будут запроектированы опознаки. Ближайший к западной рамке карты опознак должен отстоять от нее не менее, чем на 20% для соблюдения условия проектирования опознаков в зоне двойного продоль­ного перекрытия.

Опознаки проектируются перпендикулярно осям маршрутов с рассто­яниями между соседними в 5 км, за исключением крайних зон - в них опознаки должны располагаться вдвое чаще. Взаимное положение опозна­ков между собой также регламентируется Инструкцией: опознаки должны быть запроектированы один под другим как в крайних, так и в средних зонах; иными словами, на линиях, параллельных западной рамке исход­ной карты. Отклонение допускается в пределах величины одного базиса фотографирования.

В соответствии с этими требованиями были запроектированы 16 планово-высотных опознаков на исходной карте в зонах перекрытия. В качестве опознаков выбирались, в основном пересечения шоссейных до­рог, просек и проселков. В условиях данной местности это выгодно по следующим соображениям.

Данные контуры выглядят на снимках отчетливо, они хорошо опоз­наются как на снимке, так и на местности; по дорогам и просекам луч­ше всего прокладывать полигонометрические и теодолитные ходы при сгущении главной геодезической основы и привязке опознаков; при зак­ладке геодезических пунктов вблизи дорог обеспечивается их лучшая сохранность и снижается возможность их утери. Такие пункты можно легко отыскать и успешно использовать в качестве исходных при после­дующих геодезических работах в данном районе.

В качестве одного из опознаков (а именно ОПВ2) выбран пункт триангуляции, это несколько сократит объем привязочных работ.

III. Сгущение геодезической основы с использова­нием светодальномерной полигонометрии 4 класса. Составление проекта полигонометрических ходов, установление их формы и определение предельной ошибки планового положения точки в слабом месте хода. Расчет влияния ошибок линейных измерений. Проектирование базиса для уточнения постоянных светодальномера. Расчет влияния ошибок угловых измерений. Расчет точности определения высот

пунктов полигонометрического хода.

В пределах территории подлежащей съемке известны только три пункта триангуляции, они показаны на кальке условным знаком в виде треугольника с обозначенным центром. Их явно недостаточно для при­вязки всех запроектированных опознаков. Поэтому необходимо провести работы по сгущению главной геодезической основы, чтобы иметь доста­точное количество исходных пунктов для привязки опознаков.

Сгущение главной геодезической основы на объектах крупномасш­табных съемок производится методом светодальномерной полигонометрии 4 класса с несколько пониженной точностью, по сравнению с государст­венной полигонометрией 4 класса.

Отдельный ход полигонометрии 4 класса должен опираться на два исходных пункта с обязательным измерением примычных углов. В таблице #2 приводятся основные требования к построению полигонометрии 4 класса, а также 1 и 2 разрядов.

На основании этих требований были запроектированы 2 полигоно­метрических хода 4 класса от пункта триангуляции 1 до пункта триан­гуляции 3 - первый, и от пункта триангуляции 2 до пункта триангуля­ции 3 - второй (исходные пункты триангуляции показаны на кальке ус­ловным знаком в виде треугольника черного цвета). Оба хода спроекти­рованы таким образом, что их пункты располагаются вдоль шоссейных дорог, что, как было уже отмечено выше, обеспечит их сохранность и снизит возможность утери.

На кальке стороны ходов показаны тонкими линиями красного цве­та, а пункты полигонометрии - условным знаком в виде квадратика, также красного цвета. Пункты полигонометрии подписаны буквами "ПЗ", что означает "полигонометрический знак" и далее его номер, например, ПЗ12.

Длина первого хода ( [s] ) составляет 6.650 км, а второго -

6.325 км. Число сторон в каждом по 10. Как известно, более длинный ход менее надежный, поэтому расчет точности будет вестись именно для такого хода (то есть для первого); очевидно, что все выполненные расчеты также будут справедливы и для менее длинного хода, иными словами, при соблюдении технологии, более короткий ход будет проло­жен с точностью, не ниже рассчитанной для более длинного хода.

Полигонометрические ходы в общем случае имеют произвольную изогнутую форму (конечно, не противоречащую Инструкции). Однако, в некоторых случаях ходы могут иметь вытянутую форму - как частный случай изогнутых ходов. Поэтому расчет точности начинается с уста­новления формы хода. Это связано с фактом существования упрощенных расчетных формул для ходов вытянутой формы.

Ход считается вытянутым, если он одновременно удовлетворяет трем критериям вытянутости полигонометрического хода. Если хотя бы одно из требований критериев не выполняется, то ход нельзя считать вытянутым. Для проверки этих условий, первый ход был скопирован на отдельную кальку (рис. #8), чтобы не отягощать основной чертеж избы­точной информацией. После этого были проверены 3 критерия вытянутос­ти полигонометрического хода. Они расположены в порядке ужесточения требований к вытянутости хода, то есть если не соблюдается критерий #1, то не имеет смысла проверять критерий #2 и так далее.

Критерий #1: "Отношение периметра хода к длине замыкающей не должно превосходить 1.3". Проверка: периметр равен 6.650 км, а длина замыкающей - 6.225 км. Их отношение составляет примерно 1.07, и, следовательно, ход удовлетворяет критерию #1.

Критерий #2: "Отклонение углов сторон от замыкающей не должно превосходить одной восьмой части замыкающей". Для проверки этого критерия раствором измерителя было взято расстояние, равное 1/8 L в масштабе исходной карты масштаба 1:25000; это расстояние составляет

0.778 км (или 3.1 см на карте). Затем было проверено отклонение каж­дого угла стороны. Выяснилось, что отклонение угла стороны от замы­кающей даже в самом изогнутом месте хода не превышает заданной вели­чины в 1/8 L. Значит, ход удовлетворяет и этому критерию.

Критерий #3: "Разность дирекционных углов стороны и замыкающей не должна превосходить 24 градуса". Для проверки этого критерия нуж­но воспользоваться транспортиром, а в тех местах хода, где невозмож­но непосредственно измерить разность дирекционных углов, необходимо продолжить сторону или перенести замыкающую параллельно самой себе. В ходе проверки выяснилось, что ход не удовлетворяет данному крите­рию (отклонение дирекционных углов сторон ПЗ2 - ПЗ3 и ПЗ5 - ПЗ6 от дирекционного угла замыкающей превышает допуск). Следовательно, ход нельзя считать вытянутым, и для его расчета необходимо использовать формулы для ходов произвольной изогнутой формы.

Расчет хода состоит в определении ошибок измерения углов, линий и превышений по ходу, а затем, и в выборе инструментов для измере­ния, таких, чтобы обеспечивалась необходимая точность, которая зада­ется заранее.

Сначала определяется предельная ошибка в слабом месте хода пос­ле уравнивания. Существует соотношение:

прf 1

----- = --- , (1)

[s] T

где прf - предельная плановая невязка полигонометрического хо­да, [s] - периметр хода, 1/T - относительная ошибка хода.

Предельная невязка связана с предельной ошибкой следующим обра­зом:

2M = прf , (1а)

откуда следует следующая формула:

[s]

M = ----- , (1б)

2Т

где 2T равно 50000, так как относительная ошибка полигонометри­ческого хода 4 класса задается как 1/25000.

Величина M составила 0.133 метра. При оценке точности полигоно­метрического хода произвольной формы известна формула средней квад­ратической ошибки положения конечного пункта хода до уравнивания:

m

M = [m ] + --- [Dцi] , p

где m - средняя квадратическая ошибка измерения сторон хода, m

- средняя квадратическая ошибка измерения углов по ходу и Dцi - рас­стояния от центра тяжести хода до i-того угла.

Применив к данной формуле принцип равных влияний, получим соот­ношения, которые можно использовать для расчета ходов:

M = 2 [m ] (\*)

и m

M = 2 --- [Dцi] . (\*\*)

p

Сперва рассчитывалось влияние ошибок линейных измерений. Пос­кольку ошибка измерения расстояния светодальномером не сильно зави­сит от самого расстояния (в пределах длин сторон от 0.5 до 1.5 км), можно считать, что:

[m ] = m n ,

где m - ошибка измерения стороны средней длины, а n - число сторон в ходе, и, следовательно (\*) преобразуется к следующему виду:

M

m = ----- . (2)

2 n

Подставляя конкретные значения M = 0.133 метра и n = 10, полу­чаем среднее влияние ошибки линейных измерений m = 30 мм.

По данному значению ошибки можно выбрать прибор (светодально­мер), который обеспечит заданную точность. Как видно из таблицы #3, светодальномер СТ5 "Блеск" полностью обеспечивает данную точность измерения линий. Его средняя квадратическая ошибка измерения линий рассчитывается по формуле m (мм) = 10 + 5/км, поэтому даже при мак­симальной длине стороны в 2 км, ошибка не превзойдет 20 мм, таким образом этот светодальномер не только обеспечивает заданную точность измерения, но и создает некий "запас" этой точности.

Измерять расстояния необходимо как минимум при трех наведениях светодальномера на отражатель с контролем на дополнительной частоте.

Для уточнения значений постоянных светодальномера, а именно постоянных приемо-передатчика и отражателя на ровной местности выби­рают базис длиной 200 - 300 метров. В качестве базиса можно исполь­зовать одну из сторон второго полигонометрического хода (она обозна­чена на кальке двойной линией).

Базис измеряется базисным прибором БП-3 с относительной ошибкой не менее 1/50000. При самых неблагоприятных условиях, когда источни­ки ошибок имеют систематический характер влияния на результаты изме­рений, предельные ошибки одного источника рассчитываются по следую­щим формулам.

Предельная ошибка компарирования мерного прибора: l

пр l = ------- ,

5.3 T

где l - длина мерного прибора (инварной проволоки), T - знаме­натель относительной ошибки измерения базиса.

Подставив конкретные значения, получаем, что пр l составляет

0.09 мм.

Предельная ошибка уложения мерного прибора в створе измеряемой линии:

l

пр = l -------- .

10.6 T

Получено, что ошибка уложения в створ не должна превосходить величины 30 мм, то есть штативы в створ необходимо устанавливать те­одолитом, входящим в базисный комплект.

Предельная ошибка определения превышения одного конца мерного прибора над другим:

l

пр h = --------- n' ,

h 5.3 T

где h - среднее превышение одного конца мерного прибора над другим, n' - число уложений мерного прибора в створе линии.

По карте было измерена длина проектируемого базиса - 275 мет­ров, и превышение одного его конца над другим - 2.5 метра. Откуда, число уложений мерного прибора в створе базиса 12, а среднее превы­шение, приходящееся на один пролет 0.21 м.

Рассчитанная по формуле ошибка определения превышения одного конца мерного прибора над другим не должна превосходить предельного значения в 36 мм. Таким образом, достаточно определять превышения техническим нивелированием.

Для этих целей подойдет любой нивелир, например, 2Н-10КЛ, обла­дающий компенсатором и прямым изображением; эти достоинства нивелира позволяют сделать труд нивелировщика более производительным. Техни­ческие характеристики этого нивелира приводятся в таблице #6.

Предельная ошибка определения температуры мерного прибора:

1

пр t = --------- ,

5.3 T a

где a - коэффициент линейного расширения инвара 0.5E-6.

Данная формула дает значение предельной ошибки равное 8 C. Поэ­тому можно определить температуру мерного прибора всего 2 раза - в начале измерения и в его конце.

Предельная ошибка натяжения мерного прибора рассчитывается по формуле:

w E

пр F = ------- ,

5.3 T

где w - площадь поперечного сечения проволоки 1.65 мм, E - мо­дуль упругости инвара 16000 кГс/мм.

Получено значение предельной ошибки натяжения мерного прибора равное 100 г.

Точность натяжения гирями - 20 - 50 г, а динамометром - 150 - 300 г. Таким образом, для натяжения прибора должны использоваться гири.

Далее необходимо рассчитать влияние ошибок угловых измерений. В формулу (\*\*) входит [Dцi] - то есть сумма квадратов расстояний от центра тяжести хода до каждого угла. Следовательно, требуется найти центр тяжести хода.

Есть 2 способа его определения - графический и аналитический. Аналитический используется при известных координатах всех пунктов хода, а для графического способа достаточно изображения хода в масш­табе. Поэтому в данной работе используется графический способ опре­деления центра тяжести. Для этого используют известное правило меха­ники о сложении параллельных одинаково направленных сил. Процесс оп­ределения центра тяжести хода показан на рис. #8.

После нахождения центра тяжести хода были измерены расстояния от него до всех углов хода и была получена сумма их квадратов (таб­лица #4).

Формула для расчета влияния ошибки измерения углов (\*\*) преоб­разуется в следующее выражение:

M p

m = ------- . (3)

2 [Dцi]

Откуда получается, что для обеспечения заданной точности хода средняя квадратическая ошибка измерения одного угла не должна превы­шать 3".

Такую точность обеспечивает теодолит серии Т2, например 3Т2КП. Технические характеристики этого теодолита представлены в таблице #5.

Следует отметить способы измерения углов. На пунктах триангуля­ции углы рекомендуется измерять способом круговых приемов, если не­обходимо отнаблюдать несколько направлений, те же рекомендации спра­ведливы и для засечек. Сущность способа круговых приемов состоит в следующем.

С пункта наблюдения выбираются начальное направление с хорошей видимостью. Установив теодолит, при круге лево последовательно визи­руют на пункты A, B, C, и т.д., вращая алидаду теодолита по ходу ча­совой стрелки и делая при каждом визировании отсчеты, которые запи­сывают в журнал. Заканчивают наблюдение вторичным визированием на начальный пункт, отсчет также записывают в журнал. Это повторное наблюдение на пункт, принятый за начальный, называемое замыканием горизонта, производят для того, чтобы убедиться в неподвижности лим­ба в процессе измерения. По инструкции величина расхождения при за­мыкании горизонта не должна превосходить 7 секунд для полигонометрии 4 класса. Описанные действия составляют один полуприем. После этого переводят трубу через зенит и вновь производят наблюдения на пункты начиная с начального, но в обратной последовательности, вращая али­даду против часовой стрелки.

Если на пункте необходимо отнаблюдать только два направления, пользуются методом отдельного угла. Порядок наблюдений при этом ос­тается таким же, с отличиями: не визируют повторно на начальный пункт; алидаду вращают как в первом, так и во втором полуприемах только по часовой стрелке или только против часовой стрелки. Два по­луприема измерения направлений составляют один полный прием.

На пунктах полигонометрии при проложении ходов углы измеряются способом круговых приемов по трехштативной системе - такая система измерения углов позволяет уменьшить ошибки центрирования и редукции. Суть ее в следующем.

Ось вращения теодолита при установке его над центром знака дол­жна занимать в пространстве такое же положение, которое занимала ось вращения марки до и после установки теодолита. Для выполнения этого условия в трех соседних вершинах полигонометрического хода устанав­ливают три штатива с закрепленными на них подставками. На на заднем (A) и переднем (C) штативе устанавливаются марки, а на среднем (B) - теодолит. После измерения штатив с маркой (A) переносят через две точки - на следующую после C точку (D), а два других штатива (B) и (C) остаются на месте. Марку, стоявшую в точке A, переставляют на штатив в точке B, теодолит переставляют на штатив в точке C, а мар­ку, стоявшую в точке C, переставляют на штатив в точке D. Таким же образом измеряют и все последующие углы в ходе.

Кроме того, можно вести одновременно с угловыми - линейные из­мерения, то есть после измерения угла необходимо поставить на сред­ний штатив светодальномер, а на два других - отражатели.

Величина средней квадратической ошибки измеренного угла m со­держит влияние ряда источников ошибок: редукции, центрирования, инс­трументальных, собственно измерений и внешних условий. На основании принципа равных влияний средняя квадратическая ошибка за один источ­ник может быть вычислена по формуле:

m

mi = --- , (4)

5

откуда вытекает, что в данном случае ее величина составляет

1.3".

Линейные элементы ошибок центрирования и редукции вычисляются по формулам:

m

e = ----- S min ,

p 2

и

m

e = --- S min ,

p

где e и e есть линейные элементы центрирования и редукции, m и m - средние квадратические ошибки за центрирование и редукцию, S - расстояние, для которого рассчитывается данное влияние; очевидно, что наибольшее влияние редукции скажется на коротких расстояниях - поэтому в расчетах берется длина минимальной стороны хода.

В рассчитываемом ходе длина таковой составляет 475 метров. В качестве величин средних квадратических ошибок центрирования и ре­дукции берутся величины mi, то есть максимальное влияние одного ис­точника ошибок.

Таким образом из формул вытекает, что для обеспечения заданной точности угловых измерений необходимо, чтобы линейный элемент цент­рирования не превышал 2 мм, а линейный элемент редукции не превышал 3 мм.

Анализируя эти значения допусков можно сделать такой вывод: центрировать теодолит нужно в корень из двух раз точнее, чем марки; штативы перед установкой на них приборов должны быть тщательно от­центрированы с помощью лотаппарата, перед началом полевых работ надо исследовать редукцию марок и поверить оптический центрир теодолита.

Число полных приемов, которыми необходимо измерить углы на пун­ктах, зависит от точности, с которой заданно определить эти углы. Число приемов можно определить по формуле:

1

m = --- (m + m ) ,

n

где m - средняя квадратическая ошибка собственно измерения уг­ла, n - число приемов, m и m соответственно средние квадратические ошибки визирования и отсчитывания, откуда

m + m

n = --------- . (5)

m

Известно, что точность визирования зависит от разрешающей спо­собности глаза и увеличения прибора. Поэтому средняя квадратическая ошибка визирования, рассчитанная по формуле:

60"

m = ----- , (6)

Г

где Г - увеличение зрительной трубы теодолита, для данного слу­чая равна 2 секунды.

Величину средней квадратической ошибки отсчитывания для теодо­лита серии Т2 можно принять равной 1 секунде. Значение ошибки собст­венно измерения угла принимается равным mi - то есть величине влия­ния одного источника ошибок.

Из перечисленных выше соображений и по формуле для расчета средней квадратической ошибки собственно измерения угла вычисляется число необходимых приемов. Это число получилось равным трем.

Таким образом для обеспечения заданной точности измерения уг­лов, при учтенных влияниях ошибок, необходимо измерять углы тремя приемами.

Каждый пункт Государственной геодезической основы из сети сгу­щения обязательно должен иметь отметку, причем предельная ошибка от­метки наиболее слабого пункта должна быть меньше одной десятой высо­ты сечения рельефа карты наиболее крупного масштаба. Отсюда право­мочно записать следующее соотношение:

пр Mh < 0.1 h ,

где пр Mh - предельная ошибка высотного положения пункта, а h в нашем случае 2 метра.

Известно что невязка численно равна удвоенной предельной ошиб­ке. Таким образом,

пр fh 20 мм L

пр Mh = ------- = --------- = 10 мм L ;

2 2

здесь в качестве невязки задается допуск для нивелирования IV класса.

Очевидно, что IV класс нивелирования полностью обеспечит задан­ную точность. Действительно, предельная ошибка отметки пункта при длине хода в 6.65 км составит 26 мм, а 0.1 h есть 20 см. Поэтому, в принципе, для данного хода можно было вполне обойтись техническим нивелированием. Однако, Инструкция требует передачи высот в полиго­нометрии 4 класса нивелированием IV класса по следующей причине: по­лигонометрический ход может быть использован не только для привязки опознаков, но и в качестве сгущения съемочной основы и обоснования крупномасштабных съемок. Данные пункты могут также использоваться в качестве исходных при техническом нивелировании.

Для производства работ по передачи высот в полигонометрии ниве­лированием IV класса могут быть использованы точные нивелиры 2Н-3Л и Н3. Технические характеристики этих приборов приведены в таблице #6.

IV. Составление проекта плановой привязки опоз­наков.

Опознаки привязываются в плане разнообразными геодезическими способами, среди них в данной работе рассматриваются следующие: мно­гократная обратная засечка, многократная прямая засечка, разрядная полигонометрия и привязка теодолитными ходами.

Для каждого опознака проектировался, по возможности, оптималь­ный метод привязки, например, для опознаков, расположенных близко к пунктам триангуляции и полигонометрии, привязка должна осуществлять­ся теодолитными ходами; для далеко расположенных опознаков, с равно­мерным распределением пунктов обоснования вокруг - многократная об­ратная засечка, а с неравномерным расположением пунктов (например, ситуация, когда пунктов много, но они расположены в секторе, состав­ляющим 90 градусов) - многократная прямая засечка.

Ниже рассматриваются способы плановой привязки для всех опозна­ков.

ОПВ1 привязан теодолитным ходом, опирающимся на пункты Т1 и П31.

ОПВ2 совмещен с пунктом триангуляции Т1, привязка для него не требуется.

ОПВ3 привязан многократной обратной засечкой на пункты Т1, ПЗ6, ПЗ14, и Т2.

ОПВ4 привязан многократной обратной засечкой на пункты ПЗ1, ПЗ5, ПЗ14 и Т2.

ОПВ5 привязан теодолитным ходом, опирающимся на пункты Т2 и ПЗ10.

ОПВ6 привязан многократной прямой засечкой с пунктов Т1, ПЗ11 и П37.

ОПВ7 привязан полигонометрическим ходом 1 разряда, опирающимся на пункты ПЗ6 и ПЗ14.

ОПВ8 привязан теодолитным ходом с опорой на пункты ПЗ12 и ПЗ13.

ОПВ9 привязан многократной прямой засечкой с пунктов ПЗ1, ПЗ5 и

Т3.

ОПВ10 привязан теодолитным ходом с опорой на пункты ПЗ7 и ПЗ16. ОПВ11 привязан многократной прямой засечкой с пунктов ПЗ17, ПЗ14 и ПЗ11.

ОПВ12 привязан многократной прямой засечкой с пунктов Т1, ПЗ6 и Т3.

ОПВ13 привязан многократной прямой засечкой с пунктов ПЗ3, ПЗ7 и Т3.

ОПВ14 привязан теодолитным ходом,опирающимся на пункты ПЗ9 и Т3.

ОПВ15 привязан теодолитным ходом с опорой на пункты ПЗ18 и ПЗ19.

ОПВ16 привязан многократной прямой засечкой с пунктов ПЗ19, ПЗ15 и ПЗ10.

Более подробные данные о привязке опознаков можно найти в таб­лицах #7, #8, #9 и #10, отдельно по каждому способу привязки.

Следует отметить, что относительная ошибка в теодолитном ходе задавалась исходя из длины хода (таблица #9) согласно требованиям Инструкции: для ходов длиной до 2.0 км - 1/1000, для ходов длиной до

4.0 км - 1/2000 и для ходов длиной до 6.0 км - 1/3000. На количество сторон Инструкция ограничений не накладывает.

После того, как были определены способы привязки для каждого опознака, необходимо для наихудшего случая каждого способа предрасс­читать точность, с которой должны выполняться измерения для того, чтобы точность определения планового положения опознака находилась в пределах заданной. Инструкция требует, чтобы для планов масштаба 1:5000 с высотой сечения рельефа 2 метра средняя квадратическая ошибка в плановом положении опознака должна быть 0.5 метра на мест­ности.

Ниже рассматривается предрасчет точности для каждого способа плановой привязки опознака, а именно: многократной обратной засечки, многократной прямой засечки, теодолитного хода и разрядного полиго­нометрического хода.

1. Многократная обратная засечка.

Предрассчет, как обычно, начинался с определения наиболее худ­шего случая из ряда имеющихся. Для засечки вообще, такой случай представляет собой засечку с наименьшими углами. Из таблицы #8 был выбран такой наихудший случай (он помечен в таблице звездочкой), им оказалась засечка с ОПВ4 на пункты обоснования ПЗ1, ПЗ5, ПЗ14 и Т2.

На кальке были измерены транспортиром дирекционные углы направ­лений на исходные пункты, а расстояния, предварительно измеренные, были взяты из той же таблицы #8. Расчеты велись по следующей схеме:

рассчитываются коэффициенты

sin cos

(a)i = - ------- p" и (b)i = ------- p" ,

10000 10000

где а - дирекционный угол соответствующего направления, а затем,

коэффициенты

(a)i (b)i

ai = - ------ и bi = - ------ ,

si si

где si берутся в километрах. После этого вычисляются разности:

Ai = ai - a и Bi = bi - b.

Вычисляется величина

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

Веса координат находятся по следующим формулам:

D D

Px = ------ и Py = ------ ,

[BB] [AA]

откуда вычисляются средние квадратические ошибки соответствующих

координат:

m m

mx = ------- и my = ------- ,

10 Px 10 Px

где m - есть средняя квадратическая ошибка измерения одного

направления (наперед заданная величина).

Зная mx и my можно рассчитать, среднюю квадратическую ошибку планового положения опознака по формуле:

Mоп = mx + my .

Полученную величину Mоп необходимо сравнить величиной, требуе­мой Инструкцией, и сделать вывод о том, обеспечивает ли заданная точность измерения направлений на исходные пункты точность планового положения опознака. Если выяснится обратное, то нужно задать величи­ну m меньше и повторить вычисления.

Ход вычислений по данной схеме показан в таблице #11. Средняя квадратическая ошибка измерения одного направления задавалась равной 15 секундам, при этом средняя квадратическая ошибка в плановом поло­жении опознака не превзойдет значения 0.279 метра, что не входит в конфликт с Инструкцией.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для привязки опознаков способом многократной обратной засечки достаточно 15-тисе­кундной точности измерения угла. Такую точность обеспечит теодолит любой марки, но не хуже, чем Т15, например 3Т5КП. Технические харак­теристики этого прибора приведены в таблице #5.

Следует отметить, что, несмотря на довольно низкую, по сравне­нию с полигонометрией, точность определения направлений, измерять направления при засечках необходимо двумя полными приемами для обес­печения полного контроля результатов измерений. Направления должны измеряться способом круговых приемов, по методике, описанной выше.

Иногда, при отсутствии прямой видимости между пунктами, наблю­даемые пункты приходится маркировать трубами, столбами и пирамидами, иными словами - визирными целями для измерения направлений.

2. Многократная прямая засечка.

Как и в предыдущем параграфе, предрасчет точности начинается с выбора наиболее неблагоприятного случая. Как и было сказано выше, этот случай представляет собой засечку с минимальными углами при ней. В таблице #7 приведены все случаи привязки опознаков данным способом. Очевидно, что среди них наиболее ненадежным является слу­чай засечки с пунктов Т1, ПЗ6 и Т3 на опознак ОПВ12.

Как обычно, сначала по кальке транспортиром были измерены ди­рекционные углы направлений с исходных пунктов на определяемый опоз­нак. Затем были вычислены по формулам следующие коэффициенты:

sin cos

(a)i = - ------- p" и (b)i = ------- p" ,

10000 10000

далее, коэффициенты

(a)i (b)i

ai = ------ и bi = ------ ,

si si

где si - расстояния - берутся в километрах.

После этого находится величина

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

откуда можно определить веса координат x и y следующим образом:

D D

Px = ------ и Py = ------ .

[bb] [aa]

Зная веса координат, легко посчитать средние квадратические ошибки определения этих координат.

m m

mx = ------- и my = ------- ,

10 Px 10 Px

где m - есть средняя квадратическая ошибка измерения одного

направления (задается заранее).

Отсюда определяется величина Mоп, то есть средняя квадратичес­кая ошибка планового положения опознака по следующей формуле:

Mоп = mx + my .

Как обычно, полученную величину анализируют на допустимость и делают соответствующий вывод, а, если необходимо, то и перерасчет.

В таблице #12 приводятся результаты вычислений по данной схеме. Из нее видно, что при заданной средней квадратической ошибке измере­ния направлений в 15" необходимая точность определения планового по­ложения опознака не обеспечивается, иными словами расчетная средняя квадратическая ошибка в плановом положении опознака больше макси­мально допустимой (больше 0.5 метра). Следовательно, требуется более точно измерять направления.

Средняя квадратическая ошибка измерения угла была уменьшена до 10", предрасчет был повторен. Получено, что 10-тисекундная средняя квадратическая ошибка измерения угла обеспечивает заданную точность определения планового положения опознака.

Здесь следует сделать некоторые выводы. Так как комплекс работ по привязке опознаков засечками будет, скорее всего, производиться одним и тем же угломерным прибором, теодолит типа Т15 использовать нельзя - он обеспечит заданную точность планового положения опозна­ков определенных с помощью многократной обратной засечки, но не смо­жет обеспечить необходимую точность планового положения опознаков, определенных способом многократной прямой засечки. Таким образом не­обходимо использовать теодолит серии Т5 или Т2.

Теодолит серии Т2, вообще говоря, пригоден к работам данного рода, однако целесообразнее использовать более простой по конструк­ции и в эксплуатации прибор серии Т5, например 3Т5КП (технические характеристики приводятся в таблице #5).

3. Привязка разрядным полигонометрическим ходом.

При проектировании хода разрядной полигонометрии внимание обра­щалось на моменты, приведенные при рассмотрении хода полигонометрии 4 класса (глава III), как то: положение пунктов, обеспечение их сох­ранности, удобства наблюдений.

Разряд полигонометрического хода определялся исходя из его дли­ны (таблица #2). Данный ход (он единственный) имеет длину 4.125 км (таблица #10), и, поэтому он будет являться ходом первого разряда.

Для предрасчета точности линейных и угловых измерений использо­валась та же методика, что и приведенная в главе III для полигоно­метрического хода 4 класса. Здесь приводятся, в основном, главные расчетные элементы проектирования и предрасчета, а также анализ и выводы из полученных результатов. Подробно объяснения к формулам не даются, так как в главе III они были достаточно подробно рассмотрены и разъяснены. Для того, чтобы обосновать правомочность действий по расчетам в тексте, где необходимо, были сделаны ссылки на главу III.

Сначала была установлена форма хода по трем критериям вытяну­тости.

Проверка первого критерия: отношение [s]/L составляет величину, равную 1.2. Ход удовлетворяет критерию #1.

Проверка критерия #2: Уже вторая сторона с любого конца хода уходит за пределы полосы L/8 (434 м), следовательно, критерий не удовлетворен, ход нельзя считать вытянутым и проверять третий крите­рий не имеет смысла.

Согласно требованиям Инструкции относительная ошибка полигоно­метрического хода 1 разряда должна быть не менее 1/10000 (таблица #2). Задавая такую точность в качестве исходной, по формуле (1б) бы­ла рассчитана средняя квадратическая ошибка планового положения ко­нечной точки до уравнивания. Она составила 0.206 метра.

Исходя из величины этой ошибки по формуле (2) можно рассчитать среднюю квадратическую ошибку измерения линий. Ее величина составила

5.5 см. Очевидно, что описанный выше светодальномер СТ-5 обеспечит заданную точность с приличным запасом. Использовать же для измерения длин линий инварные проволоки, короткобазисный и параллактический методы при данных условиях экономически нецелесообразно.

Измерять длины линий светодальномером необходимо при двух наве­дениях приемо-передатчика на отражатель. Характеристики светодально­мера СТ-5 приводятся в таблице #3.

Точность угловых измерений можно рассчитать по формуле (3). Для этого был графически найден центр тяжести хода (рисунок #9), а затем посчитана величина [Dцi]. Расчеты приводятся в таблице #13. Из нее было взято значение [Dцi] и вместе со значением M = 0.206 было подс­тавлено в формулу (3).

Полученная величина m составила 8 секунд. Следовательно, для проложения хода может применяться теодолит серии Т5, например, 3Т5КП.

Рассчитаем число полных приемов для измерения угла на станции. Средняя квадратическая ошибка отсчитывания для теодолита 3Т5КП сос­тавляет 4.5 секунды (таблица #5), ошибка визирования найдется по формуле (6), влияние одного источника ошибок - по формуле (4), и, наконец, полное число приемов определяется исходя из формулы (5). Оно составляет 2.

Таким образом, при проложении полигонометрического хода 1 раз­ряда при данных условиях необходимо измерять углы на станции двумя полными приемами. Углы измеряются способом полного приема по трехш­тативной системе. Центрирование марок и теодолита достаточно произ­водить по предварительно поверенным встроенным оптическим центрирам.

4. Плановая привязка опознаков теодолитными ходами.

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

Приведем 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 1:5000 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.

Опознаки, привязанные теодолитными ходами, сведены в таблицу #9. Относительная ошибка каждого задавалась исходя из длины самого хода, таким образом, более длинный ход необходимо прокладывать с большей точностью, чем короткий.

Наихудшим случаем (самым ненадежным из всех) является ход мак­симальной длины. Очевидно, что предрасчет точности линейных и угло­вых измерений необходимо вести именно для такого случая.

Самый длинный ход проложен от пункта триангуляции Т1 до полиго­нометрического знака ПЗ1 для привязки опознака ОПВ1, его длина сос­тавляет 5.915 км. В таблице #9 этот ход помечен звездочкой.

Предрассчет точности для этого хода проводился по схеме, анало­гичной приведенной в главе III. Ниже рассматриваются только резуль­таты расчетов, их анализ и выводы, вытекающие из них, в то время как теоретическое обоснование и пояснения к расчетным формулам опускают­ся, поскольку они были достаточно подробно рассмотрены в главе III.

Предрассчет начинается с установления формы хода. Данный ход не удовлетворяет первому критерию вытянутости: его периметр, как видно из таблицы #9, составляет 5.915 км, а длина замыкающей всего 0.487 км. Таким образом, ход нельзя считать вытянутым, и в расчетах должны использоваться формулы для изогнутых ходов.

Согласно формуле (1б) предельная ошибка в слабом месте хода после уравнивания равна 0.99 метра. Известно, что средняя квадрати­ческая ошибка пункта в слабом месте хода после уравнивания в 2 раза меньше предельной ошибки. Таким образом средняя квадратическая ошиб­ка в слабом месте хода после уравнивания, равная 0.49 метра, не про­тиворечит Инструкции (требует не больше 0.5 метра). Следовательно, данный ход, проложенный с относительной ошибкой 1/3000, удовлетворя­ет требованиям Инструкции.

По формуле (2) была получена средняя квадратическая ошибка из­мерения длин линий; ее величина составила 14 см. В таблице #14 была вычислена средняя длина стороны хода. Ее значение получилось равным 246 м. Сопоставляя величины m и Sср, видно, что относительная ошибка измерения линий должна быть не менее 1/2000. Такую точность нитяный дальномер обеспечить не может (расчеты также показывают, что даже если уменьшить среднюю квадратическую ошибку измерения угла до вели­чины 1", нитяный дальномер с относительной ошибкой измерения линий 1/500 не обеспечит заданной точности планового положения опознака), поэтому необходимо использовать более точный прибор для линейных из­мерений. Можно воспользоваться дальномером двойного изображения или светодальномером СТ-5; предпочтение отдается последнему в силу прос­тоты, легкости и надежности измерений.

На рисунке #10 показан процесс определения центра тяжести хода и измерения Dцi, а в таблице #14 была вычислена величина [Dцi], ко­торая составила 19385157. Величина средней квадратической ошибки из­мерения угла, рассчитанная по формуле (3) составила 32".

Следовательно, можно сделать вывод, что углы могут измеряться любым теодолитом серий Т5,Т15 и Т30. Так как в основном угловые из­мерения в привязочных работах рассчитано выполнять теодолитом 3Т5КП, рекомендуется применение именно этого прибора.

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

V. Составление проекта высотной привязки опознаков.

Высотная привязка опознаков производится геометрическим нивели­рованием и тригонометрическим нивелированием. Первое используется в основном совместно с проложением ходов разрядной полигонометрии и, иногда, при засечках. Второе, как правило, применяют вместе с проло­жением теодолитных ходов и при засечках (при засечках тригонометри­ческое нивелирование экономически более выгодно, чем геометричес­кое).

В данной работе высотная привязка опознаков будет производиться способом тригонометрического нивелирования, за исключением хода раз­рядной полигонометрии, привязка в этом случае осуществляется геомет­рическим нивелированием.

После проектирования способов высотной привязки, предрасчитыва­ют точность измерения вертикальных углов для тригонометрического ни­велирования и класс нивелирования для геометрического. Расчет ведет­ся для наиболее неблагоприятного случая. Ниже приводится расчеты для каждого способа привязки.

1. Тригонометрическое нивелирование при засечках.

При плановой привязке опознаков способом многократных засечек, совместно ведутся работы по высотной привязке тригонометрическим ни­велированием. Для этого наблюдают углы наклона на определяемый или исходный пункт и по формуле:

h = stg + i - v + f

вычисляют превышения определяемого опознака и получают его от­метки. Далее при обработке измерений находят наиболее надежное зна­чение отметки опознака.

Известна формула:

m

M = -------- , p [ ]

где M - средняя квадратическая ошибка положения опознака по высоте,

m - средняя квадратическая ошибка измерения вертикального угла, а

Si - расстояние от i-того исходного пункта до опознака.

Из этой формулы следует такое соотношение:

1

m = M p --- , (7)

s

откуда легко можно рассчитать величину средней квадратической ошибки измерения вертикального угла. Как обычно, расчет ведется для наихудшего случая. Из формулы (7) следует, что такой случай является засечкой с минимальным значением [1/s]. В таблицах #7 и #8 приводят­ся все случаи привязки опознаков засечками, где указана величина [1/s] для каждого случая.

Очевидно, что таким наиболее неблагоприятным случаем является многократная прямая засечка на опознак ОПВ4 с пунктов Т1, ПЗ6 и Т3 (помечен двумя звездочками в таблице #7).

Инструкция задает величину M в формуле (7) равной 0.4 метра. С учетом этого значение средней квадратической ошибки измерения верти­кального угла, рассчитанной по формуле (7) составляет 27".

Из этого факта можно сделать следующий вывод: вертикальные углы при высотной привязке опознаков при случае засечек можно измерять любым теодолитом точнее Т30, но, так как вертикальные углы будут наблюдаться вместе с горизонтальными, рекомендуется для измерения и тех и других использовать один и тот же инструмент, то есть теодолит 3Т5КП. Этот прибор обеспечивает хороший запас по точности в случаях как плановой, так и высотной привязок.

Вертикальные углы необходимо измерять двумя приемами.

2. Тригонометрическое нивелирование при проложе­нии теодолитных ходов.

При проложении теодолитных ходов на станции вместе с горизон­тальными углами для определения планового положения точек хода изме­ряются также и вертикальные углы для передачи высот на соседние точ­ки хода. То есть имеет место определение превышений тригонометричес­ким нивелированием, что не противоречит требованиям, изложенным в Инструкции.

При проектировании высотной привязки опознаков тригонометричес­ким нивелированием, производимым по линиям теодолитных ходов, расс­читывают точность, с которой должны измеряться углы наклона на стан­ции для соблюдения положений Инструкции. Известна формула средней квадратической ошибки измерения угла наклона, которая имеет следую­щий вид:

M p 2

m = --------- , (8)

L Sср

где L - периметр хода, Sср - средняя длина стороны.

Величина M задается Инструкцией и равна 0.4 метра. Из данной формулы следует, что наихудшим случаем является ход с максимальным периметром. В таблице #9 показаны все случаи привязки опознаков тео­долитными ходами, и наихудший из них в этом отношении - это ход, проложенный для привязки ОПВ1 от пункта Т1 к пункту ПЗ1 (обозначен звездочкой в таблице #9). В таблице #14 содержится значение средней длины стороны этого хода.

Рассчитанная по формуле (8) средняя квадратическая ошибка изме­рения вертикального угла составляет 1.6'.

Таким образом, вертикальные углы можно измерять любым теодоли­том, однако в силу того, что вертикальные и горизонтальные углы в ходе, как правило, измеряются одновременно, для измерения вертикаль­ных углов необходимо применять теодолит, рекомендуемый для измерения горизонтальных углов в теодолитном ходе (п. 4 главы IV).

Вертикальные углы достаточно измерять двумя приемами, снимая отсчеты до минут.

3. Геометрическое нивелирование по линии хода разрядной полигонометрии.

Для передачи высот пунктов ходов разрядной полигонометрии как правило применяют техническое нивелирование.

Расчет точности обычно сводится к тому, что устанавливают, обеспечивает ли техническое нивелирование заданную точность. Этот расчет производится из следующих соображений: предельная невязка хо­да технического нивелирования есть величина, равная

прfh = 50мм L ,

где L - длина хода в километрах.

Предельная ошибка высотного положения точки в слабом месте хода после уравнивания находится как

M = прfh/2 , откуда

M = 25мм L . (9)

Длина хода разрядной полигонометрии (таблица #10) составляет

4.125 км. Рассчитанная по формуле (9) величина предельной ошибки составляет 50 мм, в то время как Инструкция устанавливает эту вели­чину равной 0.4 метра. Отсюда можно сделать вывод о том, что техни­ческое нивелирование полностью обеспечивает заданную точность высот­ного положения опознака.

Для производства нивелирования подойдет любой технический ниве­лир, например 2Н-10КЛ. Характеристики этого нивелира приводятся в таблице #6.

Заключение.

В результате проделанной работы был создан проект аэрофотосъе­мочных и наземных геодезических работ для создания карт масштаба 1:5000. Для этого запроектированы маршруты аэрофотосъемки, зоны пе­рекрытий, 16 планово-высотных опознаков, 2 полигонометрических хода 4 класса для сгущения геодезической основы в районе съемки; 1 поли­гонометрический ход 1 разряда, 6 теодолитных ходов, 6 многократных прямых засечек и 2 многократные обратные засечки для привязки опоз­наков в плане и по высоте.

Составлен проект и предрасчет точности для проложения полигоно­метрических и теодолитных ходов, а также предрасчет и проект произ­водства засечек; даны рекомендации по выполнению этих работ.

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

После проведения работ местным властям будут сданы по акту на сохранность 19 пунктов полигонометрии 4 класса и 6 пунктов полигоно­метрии 1 разряда, которые в дальнейшем могут использоваться в качес­тве геодезического обоснования для производства крупномасштабных съ­емок и других инженерно-геодезических работ.

Литература.

1. Т.А. Юнусова "Методические указания и контрольные работы по гео­дезии. Часть III". М., МИИГАиК 1981.

2. В.Г. Селиханович "Геодезия. Часть II". М., "Недра", 1981.

3. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000 - 1:500.

М., "Недра", 1977.

4. П.Н. Кузнецов и др. "Геодезия. Топографические съемки". М., "Недра", 1991.