**Курсовая работа**

**УРАВНИВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СГУЩЕНИЯ УПРОЩЕННЫМИ СПОСОБАМИ**

Содержание

Введение

1. Вычисление координат дополнительного пункта, определяемого прямой многократной засечкой

1.1 Исходные данные

1.2 Составление схемы расположения определяемого и исходных пунктов

1.3 Выбор наилучших вариантов засечки

1.4 Решение наилучших вариантов засечки

1.5 Оценка ожидаемой точности полученных результатов

2. Вычисление координат дополнительного пункта, определенного обратной многократной засечкой

2.1 Общие указания и исходные данные

2.2 Составление схемы расположения определяемого и исходного пунктов

2.3 Выбор наилучших вариантов засечки

2.4 Решение наилучших вариантов засечки

2.5 Оценка ожидаемой точности результатов

3 Уравнивание ходов полигонометрии второго разряда, образующих одну узловую точку

3.1 Общие указания и исходные данные

3.2 Вычисление координат исходных пунктов и дирекционных углов исходных направлений

3.3 Вычисление и уравнивание дирекционного угла узловой стороны

3.4 Вычисление и уравнивание координат узловой точки

3.5 Уравнивание приращений координат и вычисление координат всех точек

4. Уравнивание ходов технического нивелирования способом полигонов профессора В.В. Попова

4.1 Общие указания и исходные данные

4.2 Уравнивание превышений по способу полигонов профессора В.В.Попова

4.3 Вычисление высот точек по ходам, по уравненным превышениям

4.4 Оценка точности полученных результатов

Заключение

Список используемой литературы

**Перечень сокращений**

Мм - миллиметры

М – метры

Км – километры

Табл. – таблица

Прил. - приложение

Т.е. – то есть

Т.о. – таким образом

**Введение**

Целью курсовой работы является освоение методики математической обработки результатов геодезических измерений в сетях сгущения при выполнении следующих заданий:

1. вычисление координат дополнительных пунктов, определённых прямой и обратной многократными угловыми засечками;
2. раздельного уравнивания системы ходов полигонометрии второго разряда с одной узловой точкой;
3. уравнивания превышений технического нивелирования по способу полигонов профессора В.В.Попова.

Для проведения работы, связанной с использованием земли требуется изучение форм, рельефа, расположения объектов и производство специальных измерений, вычислительная обработка и составление карт, планов и профилей, которые служат основной продукцией геодезических работ и дают представление о форме и размерах поверхностей всей земли или отдельных ее частей.

Материалом для выполнения заданий служат результаты полевых измерений углов и превышений, которые приводятся как исходные данные.

В наше время, когда земля приобретает все большую ценность, стали очень актуальны геодезические измерения и вычисления. Без базовых знаний, которые я освоила в результате выполнения курсовой работы, невозможно решение многих геодезических задач, что мне придется решать в моей будущей профессии. На данный момент актуальность этой курсовой работы состоит в том, что я ознакомилась с теми видами работ, которые предстоит выполнять на летней практике.

С внедрением в геодезическую науку более точных электронных приборов ошибки измерений могут значительно уменьшиться.

**1. Вычисление координат дополнительного пункта, определяемого прямой многократной засечкой**

**1.1 Исходные данные**

Прямая засечка - это задача по определению третьего пункта по двум данным пунктам и двум измеренным при этих пунктах углам. Для контроля правильности вычисления координат засечку делают многократной.

Я нашла индивидуальные поправки:

∆β’= 3\*N = 3\*4 = 12’

∆x = ∆y = 25,50\*N = 25,50\*4 = 102м

Таблица 1 – Исходные данные для решения прямой засечки.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| обозначения | измеренные направления | исправленные направленияс учётом № | координаты |
| градусы | минуты | секунды | градусы | минуты | секунды | X | Y |
| A | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5552,55 | 2402,09 |
|  | B | 88 | 44 | 20 | 88 | 56 | 20 |
| B | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4853,04 | 2151,60 |
|  | P | 43 | 16 | 20 | 43 | 04 | 20 |
|  | C | 72 | 57 | 28 | 72 | 57 | 28 |
| C | B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4813,24 | 3008,33 |
|   | P | 91 | 15 | 39 | 91 | 03 | 39 |

Порядок решения задачи:

1. составление схемы расположения определяемого и исходных пунктов
2. выбор наилучших вариантов засечки
3. решение наилучших вариантов засечки
4. оценка ожидаемой точности полученных результатов.

**1.2 Составление схемы расположения определяемого и исходных пунктов**

Составление схемы я произвела на листе миллиметровой бумаги формата А4. При этом оцифровала в масштабе 1:10000. По координатам из таблицы 1 нанесла исходные пункты А, В, С. Искомый пункт Р нанесла по углам с помощью геодезического транспортира. Схема представлена в приложении А.

**1.3 Выбор наилучших вариантов засечки**

Для определения наилучших вариантов засечки произвела построение инверсионных треугольников. Для этого на схеме из приложения А сделала следующие построения:

* + от пункта Р по направлениям РА, РВ, РС отложила отрезки r, длину которых вычислила по формуле:

, (1) где

С – произвольно выбранное число

 S – расстояние от определяемого пункта до исходного, измеренное по схеме в сантиметрах.

Для моего варианта:

С=10 , S1=6,8 см, S2=10,1 см, S3=5,1 см

r1=1,47 см, r2=0,99 см, r3=1,96 см

Вершинами инверсионных треугольников являются пункт Р и конечные точки соответствующих отрезков ri . Лучшие варианты засечки – те, у которых самые большие площади инверсионных треугольников (определяем визуально). На моей схеме это треугольники r1r3P и r2r3P, следовательно, для решения нужно использовать засечки РАС и ВРС, но засечка РАС не может быть использована из-за того, что неизвестен угол РАС. Поэтому для нахождения координат точки Р я использовала засечки АВР и СВР (обозначения согласно прил. 1).

**1.4** **Решение наилучших вариантов засечки**

Для решения вариантов засечки будем использовать формулы Юнга:

 (2)

где X1, X2, Y1, Y2 – координаты исходных пунктов

α, β – горизонтальные углы, измеренные на исходных пунктах.

В формулах (2) обозначения соответствуют схеме, изображенной на рисунке 1.

Рисунок 1 – Схема к вычислениям прямой засечки.

Используя формулы (2) вычислила координаты определяемого пункта Р, результаты вычислений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Вычисление вариантов прямой засечки.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| обозначения | углы | X | ctg α, ctg β | Y |
| пунктов | углов | градусы | минуты | секунды | ctg α + ctg β |
| 1(A) | α | 88 | 56 | 20 | 5552,55 | 0,018522 | 2402,09 |
| 2(B) | β | 43 | 04 | 20 | 4853,04 | 1,069662 | 2151,60 |
| P |  |  |  |  | 5310,45 | 1,088184 | 3040,65 |
| 1(B) | α | 29 | 53 | 08 | 4853,04 | 1,740068 | 2151,60 |
| 2(C) | β | 91 | 03 | 39 | 4813,,24 | -0,018517 | 3008,33 |
| P |  |  |  |  | 5310,46 | 1,721551 | 3040,66 |

Расхождение координат, полученных при решении двух вариантов засечки, с учетом точности измерений допускается до 0,2 м.

В моём случае расхождение по Х составило 0,1 м, и по Y - 0,1 м. расхождения находятся в допуске, следовательно, за окончательные значения координат принимаем средние значения двух вариантов.

Среднее Х=5310,455

Среднее Y=3040,655

**1.5** **Оценка ожидаемой точности полученных результатов**

Я определила среднюю квадратическую ошибку положения точки для каждого варианта засечки по формуле:

 (3)

где mβ – средняя квадратическая ошибка измерения углов (в задании принимаем mβ=10''),

 - угол в треугольнике при точке Р,

S1, S2 – стороны засечки, м (определены по схеме),

=206265''.

Среднюю квадратическую ошибку координат, полученных из двух вариантов засечки, нашла из формулы:

 (4).

углы γ нашла по определению, что сумма углов треугольника равна 180°: для АВР γ=180°-(88°56'20''+43°04'20'')=47°59'20''

для СВР γ=180°-(29°53'08''+91°03'39'')=59°03'13''

Из формулы (4) нащла среднюю квадратическую ошибку координат, полученных из двух вариантов засечки:

 м

Итак, в этой задаче я решила два варианта прямой многократной засечки и вычислила координаты дополнительного пункта. Расхождения координат, полученных в первом и втором вариантах засечки оказались в допуске, поэтому за окончательное значение координат исходного пункта Р я приняла Х=5310,455 и Y=3040,655. При оценке точности полученных результатов получила следующие ошибки:

* + среднюю квадратическую ошибку положения торчки Р для каждого варианта засечки: mp1=0,079 м, mp2=0,064 м
	+ среднюю квадратическую ошибку координат, полученных из двух вариантов засечки: Mp Cp=0,051 м

**2. Вычисление координат дополнительного пункта, определенного обратной многократной засечкой**

**2.1 Общие указания и исходные данные**

Обратная засечка – это задача по определению четвертого пункта по трем данным пунктам и двум измеренным при определяемом пункте углам.

Для контроля правильности решения задачи при определяемой точке измеряют третий угол между направлениями на один из первых трех пунктов и на четвертый данный пункт.

Таким образом, для решения задачи с контролем необходимо видеть из определяемой точки четыре пункта исходной сети и измерить при определяемой точке три угла.

При решении задачи я воспользовалась исходными данными, исправленными с учетом порядкового номера, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для решения обратной засечки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| название пункта | координаты | измеренные напункте Р направления |
| X | Y |  |
| 1 | 7105,31 | 3851,55 | 0 00’ 00” |
| 2 | 6613,86 | 3816,43 | 59 06’ 36” |
| 3 | 6653,66 | 2959,70 | 177 19’ 41” |
| 4 | 7353,17 | 3210,20 | 273 10’ 38” |

Порядок решения задачи:

1. составление схемы расположения определяемого и исходных пунктов
2. выбор наилучших вариантов засечки
3. решение наилучших вариантов засечки
4. оценка ожидаемой точности полученных результатов.

**2.2 Составление схемы расположения определяемого и исходного пунктов**

Составление схемы я произвела на листе миллиметровой бумаги формата А4. При этом оцифровала её в масштабе 1:10000. По координатам из таблицы 3 нанесла исходные пункты А, В, C, D (приложение Б). Искомый пункт Р нанесла по направлениям (по способу Болотова) на листе кальки формата А4 (приложение В).

**2.3 Выбор наилучших вариантов засечки**

Для выбора лучших вариантов засечки производятся те же действия, что и при прямой засечке:

* + строятся инверсионные треугольники (вершинами этих треугольников будут только конечные точки отрезков ri)
	+ визуально определяются треугольники с большими площадями, и именно они выбираются для решения обратной засечки.

В моем варианте были выбраны треугольники 3-4-1 и 3-4-2 для решения.

**2.4 Решение наилучших вариантов засечки**

Вычисление координат дополнительного пункта, определенного обратной многократной засечкой, приведены в табл. 4.

Таблица 4 - Схема для вычислений обратной угловой засечки.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| обозначение пунктов | координаты | - | ∆XBC | - | ΔYBC |
| A | XA | YA | αAP | - | tg αAP | - |
| β2 | ∆XBC | ctg β2 | ΔYBC |
| B | XB | YB | αBP | - | tg αBP | - |
| β3 | ∆XCA | ctg β3  | ΔYCA |
| C | XC | YC | - | ∑ | - | ∑ |
| P | XP | YP | YP’ | ∆X0 | tg αAP - tg αBP | ΔY0 |

Для решения задачи сначала я определила дирекционный угол направления АР, принятого в качестве главного, по формуле Деламбра:

 (5),

далее определяем дирекционный угол следующего направления:

 (6).

После того, как определила дирекционные углы направлений АР и ВР, вычислила координаты точки Р по формулам Гаусса:

 (7)

 (8)

Для контроля вычислений применила формулу:

 (9).

В формулах (5-9) обозначения соответствуют схеме, представленной на рисунке 2.

Рисунок 2 – Схема обозначений к вычислениям.

Решение задачи представлено в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Решение обратной угловой засечки.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение пунктов | координаты | - | -247,86 | - | 641,35 |
| 3 (A) | 6653,66 | 2959,70 | 24148’22” | - | 1,865475 | - |
| 9550’57” | 699,51 | -0,102443 | 250,50 |
| 4 (B) | 7353,17 | 3210,20 | 33739’19” | - | -0,411042 | - |
| 18240’19” | -451,65 | 21,427930 | -891,85 |
| 1 (С) | 7150,31 | 3851,55 | - | 0 | - | 0 |
| P | 6890,00 | 3400,58 | 3400,58 | -10390,93 | 2,276517 | -19384,02 |

Таблица 6 – Решение обратной угловой засечки.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение пунктов | координаты | - | -739,31 | - | 606,23 |
| 3 (A) | 6653,66 | 2959,70 | 24148’18” | - | 1,865398 | - |
| 9550’57” | 699,51 | -0,102443 | 250,50 |
| 4 (B) | 7353,17 | 3210,20 | 33739’15” | - | -0,411065 | - |
| 24146’55” | 39,8 | 0,536601 | -856,73 |
| 2 (C) | 6613,86 | 3816,43 | - | 0 | - | 0 |
| P | 6890,01 | 3400,59 | 3400,59 | -656,53 | 2,276463 | -1224,69 |

Координаты в двух вариантах различны, но расхождения не превышают 0,2 м, за окончательные значения координат принимаем их средние значения:

Среднее Х=6890,005

Среднее Y=3400,585.

**2.5 Оценка ожидаемой точности результатов**

Далее я вычислила среднюю квадратическую ошибку положения определяемого пункта:

 (10),

где - средняя квадратическая ошибка измерения углов (10''),

S – расстояния, измеренные по схеме, м,

=, - углы, измеряемые транспортиром по схеме.

Среднюю квадратическую ошибку координат, полученных как средние значения из двух вариантов, вычислила по формуле:

 (11).

Из формулы (10) средняя квадратическая ошибка положения определяемого пункта:

Из формулы (11) нашла среднюю квадратическую ошибку координат, полученных как средние значения из двух вариантов:

Итак, в этой задаче было решено два наилучших варианта засечки. Для решения задачи была построена схема расположения определяемого и исходных пунктов, выбраны наилучшие варианты засечки с помощью инверсионных треугольников, решены эти варианты засечки. Координаты пункта Р, полученные в двух вариантах, оказались в допуске и за окончательные значения координат были приняты их средние значения: среднее Х=6890,005 м, среднее Y=3400,585 м.

Вычисления были выполнены со следующими ошибками:

* + - средняя квадратическая ошибка положения определяемого пункта: mp1=0,036 м и mp2=0,031 м
		- средняя квадратическая ошибка координат, полученных как средние значения из двух вариантов: МpСр=0,02 м

уравнивание геодезическая сеть сгущение засечка

**3. Уравнивание ходов полигонометрии второго разряда, образующих одну узловую точку**

**3.1** **Общие указания и исходные данные**

**ПОЛИГОНОМЕТРИЯ** (от греч. polygonos - многоугольный и ...метрия), метод определения взаимного положения точек земной поверхности для построения опорной геодезической сети путем измерения длин прямых линий, связывающих эти точки, и горизонтальных углов между ними. Применяется в залесенной и застроенной местности вместо триангуляции.

Наилучший результат получается при совместном уравнивании всех измеренных величин. Число измерений в полигонометрической сети велико, измеренные величины разнородны (углы и расстояния), сеть имеет сложную форму. Строгое уравнивание на практике выполняется чрезвычайно редко, так как представляет собой сложную и трудоёмкую задачу.

Задача уравнивания значительно облегчается при последовательном несовместном уравнивании. При этом сначала уравнивают углы, а затем приращения координат (абсцисс и ординат). Полученные таким образом результаты будут отличаться от результатов строгого уравнивания полигонометрической сети.

Заданием предусмотрено выполнить уравнивание системы ходов раздельным способом.

**3.2 Вычисление координат исходных пунктов и дирекционных углов исходных направлений**

По данным, изменённым в соответствии с порядковым номером, я вычислила координаты исходных пунктов и дирекционные углы исходных направлений. Вычисление произвела в таблице 7.

Таблица 7 – Данные по исходным пунктам.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| пункт | углы | дирекционные углы | Сторона, м | Координаты, м |
|  | град. | мин. | сек. | град. | мин. | сек. |  | X | Y |
| A | 43 | 54 | 55 |  |  |  |  | 2349486,73 | 9475377,12 |
|  |  |  |  | 144 | 17 | 33 | 3301,47 |  |  |
| B | 103 | 52 | 34 |  |  |  |  | 2346805,92 | 9477304,01 |
|  |  |  |  | 220 | 24 | 59 | 4296,16 |  |  |
| C | 32 | 12 | 31 |  |  |  |  | 2343535,03 | 9474518,65 |
|  |  |  |  | 8 | 12 | 28 | 6013,30 |  |  |
| A | 43 | 54 | 55 |  |  |  |  | 2349486,73 | 9475377,12 |
|  |  |  |  | 144 | 17 | 33 |  |  |  |

Дирекционные углы направлений ВС, СА были вычислены по формуле:

 (12),

приращения координат:

 и (13),

координаты исходных пунктов:

 и (14).

**3.3 Вычисление и уравнивание дирекционного угла узловой стороны**

За узловую я приняла сторону 6-7.

Вычисления при уравнивании дирекционного угла узловой стороны занесла в таблицу 8.

Таблица 8 – Схема к вычислениям при уравнивании дирекционного угла стороны 6-7.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №хода | кол-во углов | вес хода P=c/n | Сумма измерен.углов ∑β | Исходный дирекционный угол αисх | Дирекционный угол узловой стороны αi |  |  | доп |
| 1 | 7 | 1,429 | 138512’10” | 32417’33” | 19905’23” | 33” | 3” | 53” |
| 2 | 6 | 1,667 | 102512’08” | 14417’33” | 19905’25” | 42” | 5” | 49” |
| 3 | 7 | 1,429 | 110119’47” | 22024’59” | 19905’12” | 17” | -8” | 53” |

Дирекционный угол стороны 6-7 вычислен по формуле:

 (15).

1= 32417’33” + 180 \* 7 - 138512’10” = 19905’23”

2= 14417’33” + 180 \* 6 - 102512’08” = 19905’25”

3= 22024’59” + 180 \* 7 - 110119’47” = 19905’12”

Наивероятнейшее значение дирекционного угла узловой линии по данным всех ходов найдено по формуле:

 (16),

где ,

- приближенное значение .

Угловые невязки вычислены по формуле:

 (17).

Допустимые значения невязок:

 (18).

Все значения невязок оказались в допуске, значит можно ввести поправки во все измеренные углы.

**3.4 Вычисление и уравнивание координат узловой точки**

По уравненным углам я вычислила дирекционные и углы и приращения координат для всех ходов.

По данным каждого хода вычислила координаты узловой точки по формулам:

 и (19).

1 = 2349486,73 + (-2967) = 2346519,73 м

1 = 9475377,12 + (-456,22) = 9474920,90 м

2 = 2346805,92 + (-286,16) =2346519,76 м

2 = 9477304,01 + (-2383,07) =9474920,94 м

3 = 2343535,03 + 2984,74 = 2346519,77 м

3 = 9474518,65 + 402,19 = 9474920,84 м

Приведены расчеты для первого хода.

По формулам:

 и (20)

я нашла вероятнейшие значения координат по данным всех ходов.

**3.5 Уравнивание приращений координат и вычисление координат всех точек**

Вычисления при уравнивании координат узловой точки приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Схема к вычислениям при уравнивании координат узловой точки.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| периметр хода | вес хода | сумма приращений | координаты узловой точки | невязки по ходам |
| ∆X | ∆Y | X | Y | δX | δY | δXY | δXY/S |
| 3001,938 | 0,0033 | -2967 | -456,22 | 2349486,73 | 9475377,12 | -0,02 | 0 | 0,02 | 1/150100 |
| 2451,275 | 0,0041 | -286,16 | -2383,07 | 2346805,92 | 9477304,01 | +0,01 | +0,04 | 0,04 | 1/59452 |
| 3068,592 | 0,0033 | 2984,74 | 402,19 | 2343535,03 | 9474518,65 | +0,02 | -0,06 | 0,06 | 1/48519 |

Для вычисления относительных невязок необходимо было произвести предварительные вычисления:

 (21).

Относительную невязку вычислила по формуле:

(22)

и сравнила с величиной 1/5000, невязка меньше этой величины, следовательно, она допустима.

Ввела поправки в приращения координат пропорционально длинам сторон.

После уравнивания приращений координат вычислила координаты всех точек ходов.

Вычисления задания представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Вычисления при уравнивании ходов полигонометрии второго разряда

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | углы | дирекционные углы | стороны | приращения координат | координаты |
| град. | мин. | сек. | град. | мин. | сек. | ∆Х | ∆Y | X | Y |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| первый ход |
| В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 324 | 17 | 33 |  |  |  |  |  |
| А | 315 | 7 | 35 |  |  |  |  | +0,01 |  | 2349486,73 | 9475377,1 |
|  |  |  |  | 189 | 09 | 58 | 497,140 | -490,79 | -79,19 |  |  |
| 1 | 180 | 56 | 36 |  |  |  |  |  |  | 2348995,95 | 9475297,9 |
|  |  |  |  | 188 | 13 | 22 | 502,751 | -497,58 | -71,90 |  |  |
| 2 | 179 | 4 | 17 |  |  |  |  |  |  | 2348498,37 | 9475226,0 |
|  |  |  |  | 189 | 09 | 04 | 500,857 | -494,48 | -79,65 |  |  |
| 3 | 180 | 13 | 32 |  |  |  |  |  |  | 2348003,89 | 9475146,3 |
|  |  |  |  | 188 | 55 | 33 | 511,387 | -505,19 | -79,34 |  |  |
| 4 | 180 | 25 | 45 |  |  |  |  | +0,01 |  | 2347498,70 | 9475067,0 |
|  |  |  |  | 188 | 29 | 48 | 478,306 | -473,06 | -70,67 |  |  |
| 5 | 180 | 0 | 44 |  |  |  |  |  |  | 2347025,65 | 9474996,3 |
|  |  |  |  | 188 | 29 | 04 | 511,497 | -505,90 | -75,47 |  |  |
| 6 | 169 | 23 | 44 |  |  |  |  |  |  | 2346519,75 | 9474920,9 |
|  |  |  |  | 199 | 05 | 20 |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ∑ | 1385 | 12 | 10 |  |  |  | 3001,938 | -2967 | -456,22 |  |  |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|  |
| --- |
| второй ход |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|  |  |  |  | 144 | 17 | 33 |  |  |  |  |  |
| В | 66 | 49 | 31 |  |  |  |  |  | -0,01 | 2346805,92 | 9477304,01 |
|  |  |  |  | 257 | 28 | 01 | 512,727 | -111,26 | -500,51 |  |  |
| 13 | 180 | 0 | 18 |  |  |  |  |  | -0,01 | 2346694,66 | 9476803,49 |
|  |  |  |  | 257 | 27 | 43 | 508,706 | -110,43 | -496,57 |  |  |
| 14 | 179 | 59 | 42 |  |  |  |  | -0,01 | -0,01 | 2346584,23 | 9476306,91 |
|  |  |  |  | 257 | 28 | 01 | 521,445 | -113,15 | -509,02 |  |  |
| 15 | 180 | 0 | 3 |  |  |  |  |  |  | 2346471,07 | 9475798,88 |
|  |  |  |  | 257 | 27 | 58 | 427,178 | -92,70 | -416,99 |  |  |
| 16 | 150 | 22 | 50 |  |  |  |  |  | -0,01 | 2343378,37 | 9475380,89 |
|  |  |  |  | 287 | 05 | 07 | 481,219 | 141,38 | -459,98 |  |  |
| 6 | 267 | 59 | 46 |  |  |  |  |  |  | 2346519,75 | 9474920,90 |
|  |  |  |  | 199 | 05 | 20 |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ∑ | 1025 | 12 | 08 |  |  |  | 2451,275 | -286,16 | -2383,07 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| третий ход |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 220 | 24 | 59 |  |  |  |  |  |
| С | 27 | 23 | 1 |  |  |  |  | -0,01 | +0,01 | 2343535,03 | 9474518,65 |
|  |  |  |  | 13 | 01 | 58 | 504,716 | 491,72 | 113,82 |  |  |
| 12 | 180 | 7 | 35 |  |  |  |  | -0,01 |  | 2344026,74 | 9474632,48 |
|  |  |  |  | 12 | 54 | 24 | 506,8 | 494,00 | 113,20 |  |  |
| 11 | 179 | 55 | 47 |  |  |  |  |  | +0,01 | 2344520,73 | 9474745,68 |
|  |  |  |  | 12 | 58 | 37 | 497,121 | 484,42 | 111,63 |  |  |
| 10 | 180 | 1 | 19 |  |  |  |  |  | +0,01 | 2345005,15 | 9474857,32 |
|  |  |  |  | 12 | 57 | 18 | 454,503 | 442,93 | 101,89 |  |  |
| 9 | 202 | 28 | 30 |  |  |  |  |  | +0,01 | 2345448,08 | 9474959,22 |
|  |  |  |  | 350 | 28 | 48 | 411,747 | 406,08 | -68,09 |  |  |
| 8 | 183 | 44 | 41 |  |  |  |  |  | +0,01 | 2345854,16 | 9474891,14 |
|  |  |  |  | 346 | 44 | 07 | 354,236 | 344,79 | -81,28 |  |  |
| 7 | 147 | 38 | 46 |  |  |  |  |  | +0,01 | 2346198,95 | 9474809,87 |
|  |  |  |  | 379 | 05 | 20 | 339,469 | 320,80 | 111,02 |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2346519,75 | 9474920,90 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ∑ | 1101 | 19 | 47 |  |  |  | 3068,592 | 2984,74 | 402,19 |  |  |

При решении этой задачи я научилась уравнивать ходы полигонометрии второго разряда раздельным способом. Усвоила, что при этом способе необходимо сначала уравнять углы, затем уравнивать приращения координат и уже по уравненным приращениям вычислять координаты.

**4. Уравнивание ходов технического нивелирования способом полигонов профессора В.В. Попова**

**4.1 Общие указания и исходные данные**

Простой и в то же время строгий способ уравнивания ходов технического нивелирования способом полигонов предложил профессор В.В.Попов. Этот способ сводится к последовательному распределению невязок в каждом полигоне пропорционально длинам ходов. При этом если в соседнем полигоне уже было произведено распределение невязок, то на величину поправки, пришедшейся на общий обоим полигонам ход, нужно предварительно исправить с учётом её знака невязку этого подлежащего увязанию полигона. Таким образом, дело сводится к методу последовательных приближений. Применение способа Попова требует расположения вычислений в определенной схеме. Удобно эти вычисления производить на схеме расположения ходов, как это рекомендует сам автор.

Перед уравниваем я вычертила схему нивелирной сети (приложение Г), на которую выписала по ходам и полигонам периметры, измеренные превышения, фактические и допустимые невязки в сумме превышений по полигонам. Для установления знака невязки направление обхода в каждом полигоне выбрала по ходу часовой стрелки. Контролем правильности вычисления невязок является условие [fh]=0. вычислила допустимые невязки по формуле:

fh доп= ±20√L (23),

где L – периметр полигона, км.

Предварительно исправила исходные данные, учитывая свой порядковый номер. Эти вычисления производятся в таблице 11. Длину ходов вычислила по формуле: , (24),

∆l = +0.2км \* №=0,16 км. Высота исходных реперов HRp1=106.985 –

3мм \* №=106,973 м, H Rp2=100.132 м.

**4.2 Уравнивание превышений по способу полигонов профессора В.В.Попова**

Далее вычертила схему независимых нивелирных полигонов, на которую выписала невязки полигонов (приложение Д). Невязки в превышениях выписаны внутри соответствующих полигонов в прямоугольных рамках. Полигоны пронумерованы.

Рядом с ходами, идущими по периметру полигонов, подготовила таблички для записи значений поправок. Поправки по каждому ходу выбрасывались за полигон, таким образом для внутренних ходов – по две таблички и по одной с каждой внешней стороны.

Для каждого хода вычислила коэффициент пропорциональности или «красные числа» по формуле:

ri= (25),

где Li – длина хода, [L] – периметр хода. Найденные отношения выписала на схему над табличками поправок для каждого хода красным цветом. Контролем правильности вычисления этих чисел является равенство = по каждому полигону (например, для полигона I «красные числа» получились 0.22, 0.25, 0.28, 0.25, в сумме они действительно дают единицу).

Начала распределение невязок с полигона, имеющего наибольшую по абсолютной величине невязку. В моем варианте этим полигоном является полигон II с невязкой -14. Невязки в полигонах распределяют пропорционально «красным числам». Итак, умножала невязку полигона на соответствующие этому полигону «красные числа», округляя до целых, и записывала в таблички, лежащие вне полигона, причем со знаком, одинаковым знаку невязки. Контролем является: сумма поправок должна дать величину невязки.

Перешла к следующему полигону (III). В нем ход 12-13 уже получил поправку, поэтому невязку этого полигона следовало изменить на величину поправки хода 12-13. Полученная остаточная невязка вписывается в рамку под числом исходной невязки полигона III. Далее эту остаточную невязку умножала на соответствующие этому полигону «красные числа». Полученные поправки выписываем в рамки, находящиеся вне этого полигона. Каждый раз производила контроль вычислений!

И так далее, переходила к следующему полигону по часовой стрелке и выполняем те же операции (исправляла исходную невязку полигона с учетом поправок, пришедших из других полигонов, и распределяла поправки пропорционально «красным числам», выполняя контроль). Так, когда вернулась к полигону II, значит завершила первый круг распределения невязок. Перешла ко второму кругу, повторяя все в том же порядке.

В полигоне II невязку я уже распределила, но в этом полигоне имеются поправки, пришедшие из других полигонов. Сложив их, получила новую невязку этого полигона, которую должна распределить вышеописанным порядком, вписывая вторичные поправки по ходам в соответствующие рамки.

Таким же путем прошла по всем другим полигонам во втором круге. После перешла к третьему, четвертому и так далее. В моем случае, потребовалось пройти 5 кругов.

Теперь необходимо в каждой рамке подсчитать алгебраическую сумму поправок. Для внешних ходов нужно у найденных результатов сложения по каждому ходу изменить знак на обратный и перенести внутрь полигона. Так, например, у хода 2-12 поправка равна -19, перенеся ее внутрь II-ого полигона, получим поправку для хода 2-12, равную 19. Для общих ходов каждой пары смежных полигонов имеются по две рамки, расположенные по разные стороны хода. Вычислила поправки по каждому ходу как разность между суммами поправок по внутренней и внешней табличкам. Эти величины вписала при данном ходе, каждую внутри соответствующего полигона.

Контролем служит то, что сумма поправок по всем ходам полигона должна дать взятую с обратным знаком величину первоначальной невязки, приходящуюся на данный ход (в моем случае по каждому полигону получилось, что сумма поправок по всем ходам совпала с первоначальной невязкой, взятой с противоположным знаком:

по I полигону – 12 мм, по II – 14 мм , по III - 8 мм, по IV - 14 мм, по V – 12мм).

**4.3 Вычисление высот точек по ходам, по уравненным превышениям**

Далее, т.к. контроль выполнился, вычислила уравненные превышения между точками нивелирования и высоты точек по каждому ходу. Поправки в измеренные превышения нашла, распределяя поправку на ход пропорционально числу станций между точками нивелирования.

Таблица 11 - Измеренные величины и результаты уравнивания

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № хода | № точки | длина хода, Li, км | число станций | Превышения, м | Поправки, мм | уравненные |
| Превышения, м | Высоты, м |
| 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Rp1 |  |  |  |  |  | 106,973 |
|  | 1 | 4,8 | 29 | -3,979 | +5 | -3,974 | 102,999 |
|  | 2 | 7,1 | 35 | -1,251 | +6 | -1,245 | 101,754 |
|  | ∑ | 11,9 | 64 | -5,23 | +11 | -5,219 |  |
| 2 | 2 |  |  |  |  |  | 101,754 |
|  | 3 | 6,3 | 36 | -1,098 | +2 | -1,096 | 100,658 |
|  | 4 | 7 | 37 | -2,002 | +2 | -2,000 | 98,658 |
|  | ∑ | 13,3 | 73 | -3,1 | +4 | -3,096 |  |
| 3 | 4 |  |  |  |  |  | 98,658 |
|  | 5 | 5,3 | 26 | 8,953 | +1 | +8,954 | 107,612 |
|  | 6 | 5 | 28 | -5,092 | +1 | -5,091 | 102,521 |
|  | 7 | 4,8 | 26 | -0,858 | 0 | -0,858 | 101,663 |
|  | ∑ | 15,1 | 80 | 3,005 | +2 | +3,005 |  |
| 4 | 7 |  |  |  |  |  | 101,663 |
|  | 8 | 7,4 | 33 | -1,038 | -3 | -1,041 | 100,622 |
|  | Rp1 | 6,1 | 28 | 6,353 | -2 | +6,351 | 106,973 |
|  | ∑ | 13,5 | 61 | 5,315 | -5 | +5,310 |  |
| 5 | 2 |  |  |  |  |  | 101,754 |
|  | 9 | 7,8 | 41 | -3,186 | +6 | -3,180 | 98,574 |
|  | 10 | 6,7 | 30 | 7,461 | +4 | +7,465 | 106,039 |
|  | 11 | 6,5 | 38 | 15,617 | +5 | +15,622 | 121,661 |
|  | 12 | 6,8 | 28 | -16,824 | +4 | -16,820 | 104,841 |
|  | ∑ | 27,8 | 137 | 3,068 | +19 | +3,087 |  |
| 6 | 12 |  |  |  |  |  | 104,841 |
|  | 13 | 7 | 36 | 7,299 | +1 | +7,300 | 112,141 |
|  | ∑ | 7 | 36 | 7,299 | +1 | +7,300 |  |
| 7 | 13 |  |  |  |  |  | 112,141 |
|  | 4 | 5,7 | 25 | -13,481 | -2 | -13,483 | 98,658 |
|  | ∑ | 5,7 | 25 | -13,481 | -2 | -13,483 |  |
| 8 | 12 |  |  |  |  |  | 104,841 |
|  | 14 | 10,6 | 54 | 4,811 | +10 | +4,821 | 109,662 |
|  | ∑ | 10,6 | 54 | 4,811 | +10 | +4,821 |  |
| 9 | 14 |  |  |  |  |  | 109,662 |
|  | 13 | 7,1 | 28 | 2,480 | -1 | +2,479 | 112,141 |
|  | ∑ | 7,1 | 28 | 2,480 | -1 | +2,479 |  |
| 10 | 14 |  |  |  |  |  | 109,662 |
|  | 15 | 5,4 | 29 | -7,899 | +6 | -7,893 | 101,769 |
|  | 16 | 5,6 | 28 | 3,885 | +6 | +3,891 | 105,660 |
|  | Rp2 | 6,5 | 32 | -5,536 | +8 | -5,528 | 100,132 |
|  | ∑ | 17,5 | 89 | -9,55 | +20 | -9,530 |  |
| 11 | Rp2 |  |  |  |  |  | 100,132 |
|  | 17 | 6,8 | 38 | 1,066 | -4 | +1,062 | 101,194 |
|  | 7 | 6,8 | 25 | 0,472 | -3 | +0,469 | 101,663 |
|  | ∑ | 13,6 | 63 | 1,538 | -7 | +1,531 |  |

В результате уравнивания я определила высоты всех точек. Для контроля использовала известные высоты Rp1=106.973 м, Rp2=100,132 м.

**4.4 Оценка точности полученных результатов.**

Далее я вычисляем среднюю квадратическую ошибку единицы веса поформуле

, (26),

 где - вес хода

С – постоянное произвольное число, С=10

N – число станций в ходе

V – поправка в превышения на ход из уравнивания

N – число ходов

q – число узловых точек.

Вычислила среднюю квадратическую ошибку измеренного превышения на один километр хода по формулам

, (27),

где nкм – число станций на 1 км хода

∑n – общее число станций по всем ходам

∑L – периметр всех ходов.

Вычислила среднюю квадратическую ошибку измеренного превышения на станции по формуле:

 (28)

Таблица 12 - Схема вычислений при оценке точности

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| обозначение хода | L, км | n | V | V² | P | PV² |
| 1 | 11,9 | 64 | -5,219 | 27,238 | 0,156 | 4,249 |
| 2 | 13,3 | 73 | -3,096 | 9,585 | 0,137 | 1,313 |
| 3 | 15,1 | 80 | 3,005 | 9,030 | 0,125 | 1,129 |
| 4 | 13,5 | 61 | 5,310 | 28,196 | 0,164 | 4,624 |
| 5 | 27,8 | 137 | 3,087 | 9,529 | 0,073 | 0,696 |
| 6 | 7 | 36 | 7,300 | 53,290 | 0,278 | 14,815 |
| 7 | 5,7 | 25 | -13,483 | 181,791 | 0,400 | 72,716 |
| 8 | 10,6 | 54 | 4,821 | 23,242 | 0,185 | 4,360 |
| 9 | 7,1 | 28 | 2,479 | 6,145 | 0,357 | 2,194 |
| 10 | 17,5 | 89 | -9,530 | 90,821 | 0,112 | 10,172 |
| 11 | 13,6 | 63 | 1,531 | 2,344 | 0,159 | 0,373 |
|  | ∑=143,1 | ∑=710 |  |  | 2,159 | ∑=116,581 |

При решении этой задачи я освоила уравнивание ходов технического нивелирования способом полигонов профессора В.В.Попова. Узнала что такое «красные числа» и научилась распределять невязки пропорционально этим числам. По тому, что после решения этой задачи, у меня выполнились все необходимые контроли, я сделала вывод, что правильно усвоила методику уравнивания.

**Заключение**

В данной курсовой работе обработаны и освоены результаты геодезических измерений в сетях сгущения методом прямой и обратной засечки, уравнены ходы полигонометрии 2 – го разряда, а также уравнены ходы нивелирования 4 класса способом полигонов профессора В.В.Попова.

В результате вычисления координат дополнительного пункта, определяемого прямой и обратной многократной засечкамия получила следующие данные:

Прямая засечка:

- графический способ: Х=5328 м, Y=3045 м;

- аналитический способ: Х=5310,46 м, Y=3040,66 м.

 Обратная засечка:

- графический способ: Х=6893 м, Y-3407 м ;

**-**аналитический способ: Х**=**6890,01 м, Y=3400,59 м.

Уравнивание ходов полигонометрии второго разряда, образующих одну узловую точку дало вероятнейшее значения координат по данным всех ходов: Хв=2346519,75 м, Yв=9474920,90 м.

Уравнивание ходов технического нивелирования способом полигонов профессора В.В. Попова получила высоты точек по ходам, по уравненным превышениям. Из проведенных вычислений и контроля получила высоты Rp=106,973 м1 и Rp2=100,132 м.

**Список используемой литературы**

1. Пархоменко Н.А лекции по дисциплине «Геодезия», 2005

2. Пархоменко Н.А., Седышев М.Е. «Методика математической обработки результатов геодезических измерений в сетях сгущения», Омск: ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2004 – 24 с.

3. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Т. «Геодезия», 2005.