СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Общие сведения об инженерно-геодезических сетях

1.1 Триангуляция

1.2 Трилатерация

1.3 Полигонометрия

2. Физико-географическое описание местности

3. Проектирование инженерно-геодезических сетей

3.1 Проектирование сети триангуляции

3.2 Оценка точности сети триангуляции

# 3.3 Расчет высоты сигнала

3.4 Проектирование сети полигонометрии

# 3.5 Оценка точности сети полигонометрии методом последовательных приближений

# 4. Оценка точности инженерно-геодезической сети

Заключение

Список литературы

ВВЕДЕНИЕ

Государственная геодезическая сеть является основой для развития геодезических сетей сгущения и съемочного обоснования; выполнения топографических съемок, производства инженерно – геодезических работ. Она позволяет вычислять координаты пунктов в единой системе, предоставляет фактические данные для решения научных задач геодезии: определение формы и размеров Земли, изучение деформации земной коры, вывод разностей высот морей и океанов и др.

Целью данного курсового проекта является освоение методов проектирования инженерно геодезических сетей используемых для проведения топографо-геодезических работ и решение различных задач земельного кадастра.

В данном проекте необходимо разработать:

- проект сгущения инженерно-геодезической сети методом триангуляции;

- проект сгущения инженерно-геодезической сети методом полигонометрии;

- выполнить предрасчет точности проекта сети триангуляции;

- выполнить предрасчет точности проекта сети полигонометрии;

- определить наличие видимости между пунктами триангуляции.

При построении необходимо соблюдать требования точности построения сетей данными способами.

По результатам проектирования сделать вывод о соответствии полученных данных необходимой точности. В случае несоответствия произвести необходимые дополнительные вычисления для повышения точности результатов.

Графическая часть проекта должна быть представлена:

1. Карта участка работ.

2.Схема сгущения сети методом триангуляции.

3.Схема сгущения сети методом полигонометрии.

4.Профиль по определению видимости между пунктами триангуляции.

Для изучения местности, на которой проектируется инженерно-геодезические сети составить физико-географическое описание местности.

1. Общие сведения об инженерно-геодезических сетях

Для составления карт и планов, решения геодезических задач, в том числе геодезического обеспечения строительства, на поверхности Земли располагаются ряд точек, связанных между собой единой системой координат. Эти точки на поверхности Земли или в зданиях и сооружениях закрепляются центрами (знаками). Совокупность закрепляемых на местности или здании точек (пунктов), положение которых определено в единой системе координат, называют геодезическими сетями. Геодезические сети подразделяются на плановые и высотные: первые служат для определения координат Х и У геодезических центров, вторые - для определения их высот Н. Для вычисления плановых координат вершин закрепленных на местности точек необходимо знать элементы геометрических фигур и дирекционный угол стороны одной из фигур и координаты одной из вершин. Для определения высот пунктов (реперов) строят в основном сети геометрического нивелирования, а также метод тригонометрического нивелирования. Геодезические сети подразделяются на 4 вида: государственные, сгущения, съемочные и специальные. Они являются исходными для построения всех других видов сетей и подразделяются на 4 класса. Основное назначение государственной геодезической сети 1 класса заключается в следующем:

- служит основой для развития геодезических сетей низших классов и вычисления координат их пунктов в единой системе;

- доставлять фактические данные для решения научных задач геодезии.

Развитие государственной геодезической сети 2 класса и ниже имеет своей целью создание сети геодезических пунктов на территории всего государства с густотой, необходимой для выполнения последующих геодезических и топографических работ и удовлетворения других требований народного хозяйства и обороны страны. Государственная планово-геодезическая сеть 1 класса СССР строится в виде полигонов, образуемых рядами триангуляции или ходами полигонометрии, располагаемыми примерно по меридианам и параллелям. Периметр полигонов - около 800 км, а их стороны (звенья) не должны превышать 200 км. В вершинах полигонов определяются парные астрономические пункты (широта, долгота, азимут). На концах звеньев триангуляции измеряются базисные стороны. Государственная геодезическая сеть 2 класса строится внутри полигонов 1 класса в виде сплошной триангуляционной сети или в виде системы пересекающихся ходов полигонометрии. Внутри полигонов 1 класса на нескольких пунктах 2 класса производятся астрономические определения широты, долготы и азимута. Пункты сетей 3 и 4 классов, определяемые методом триангуляции, строятся в виде отдельных систем треугольников, опирающихся на стороны сети высшего класса. На всех пунктах государственной триангуляции или полигонометрии предусматривается установка двух ориентирных пунктов на расстоянии 500-1000 м от основного пункта и видимых с земли. Между основными сторонами сети и направлениями на ориентирные пункты измеряются углы со средней квадратической погрешностью ±2,5``. Ориентирные пункты предназначаются для азимутальных привязок геодезических сетей низших разрядов. Плотность геодезических пунктов как опорной сети для топографических съемок установлена:

- для съемок в масштабах 1:25000 и 1:10000- 1 пункт на 50-60 км2;

- для съемок в масштабах 1:5000- 1 пункт на 20-30 км2;

- для съемок в масштабах 1:2000 и крупнее- 1 пункт на 5-15 км2.

Состав работ по развитию геодезической сети на каждом участке заключается в следующем:

- составление проекта геодезической сети по имеющимся картам наиболее крупного масштаба;

- рекогносцировка, заключающаяся в уточнении проекта на местности - в отношении расположения пунктов, высот знаков, проверки целесообразности намеченной в проекте методике и т. д.;

- постройка геодезических знаков и закладка центров;

- производство геодезических измерений - угловых, линейных, астрономических, гравиметрических;

- математическая обработка результатов измерений, в результате которой вычисляются координаты геодезических пунктов, сводимые далее в каталоги. Последовательность обработки – от высшего к низшему.

При проектировании геодезической сети, методов её развития и использования должны выбираться варианты, наиболее выгодные в экономическом отношении в данных физико-географических условиях.

Геодезические сети сгущения (ранее называвшиеся сетями местного значения), служащие для дальнейшего увеличения плотности геодезической сети, подразделяются на:

- сети 1 и 2 разряда, развиваемые методом триангуляции, - триангуляционные сети сгущения (ранее называвшиеся аналитическими сетями);

- сети 1 и 2 разряда, развиваемые методом полигонометрии;

- сети технического нивелирования, развиваемые методом геометрического нивелирования.

Сети сгущения прокладываются, как правило, между сторонами и пунктами государственной геодезической сети. Постоянные знаки закрепляются подземными знаками – центрами. Конструкции центров обеспечивают их сохранность и неизменность положения в течении длительного периода времени. Как правило, подземный центр представляет собой бетонный монолит, закладываемый ниже глубины промерзания грунта и не в насыпной массив. У поверхности земли в монолите устанавливают чугунную марку, на которой наносят центр в виде креста или точки. Положение этого центра соответствуют координаты Х и У и во многих случаях отметки Н. Для того, чтобы с одного знака был виден другой (смежный), над подземными центрами устанавливают наружный знак в виде металлических или деревянных трех – или четырехгранных пирамид или сигналов. Пирамиды или сигналы имеют высоту 3…30 м и более.

Как правило, пункты разбивочных сетей и сетей сгущения закрепляют подземными центрами, такими же, как и пункты государственных сетей. Так как расстояние между этими пунктами сравнительно небольшие, оформления их наружными знаками не требуется. Иногда над ними устанавливают Г – образные металлические или деревянные вехи. В городах знаки оформляют в виде специальной надстройки на крышах зданий или внутри самих зданий (стенные). Государственные высотные сети всех классов закрепляют на местности грунтовыми реперами. Стенные реперы закладывают в фундаментах устойчивых сооружений – водонапорных башен, капитальных зданий, каменных устоев мостов. Временные знаки. Точки съемочных, а иногда и разбивочных сетей закрепляют временными знаками – деревянными или бетонными столбами, металлическими штырями, отрезками рельсов и т.д. Их закрепляют в земле на глубину до 2 м. в верхней части такого знака крестом, точкой или риской отмечают местоположение центра или точки с высотной отметкой. При продолжении использования (более 0,5 г) временные знаки закладывают на глубину 0,5 м (минимальное расстояние до подземных коммуникаций от поверхности грунта принято 0,7 м). При наличии твердого покрытия и отсутствии интенсивного движения транспорта используют штыри из отрезков арматуры и труб, деревянные столики. В процессе строительства на возведенных конструкциях и близкорасположенных зданий высоты и створы осей фиксируют окрасками.

1.1 Триангуляция

Триангуляция – построение на местности примыкающих друг к другу треугольников, в которых измеряются горизонтальные углы и длина стороны одного треугольника. Триангуляционные сети в инженерно – геодезических работах используются в качестве основы для топографических съемок и разбивочных работ, а также для наблюдений за деформациями сооружений.

При развитии инженерно – геодезических сетей методом триангуляции наиболее типичными построениями являются цепи треугольников (для линейно протяженных объектов), центральные системы (для городских и промышленных территории), геодезические четырехугольники (для мостовых и гидротехнических сооружений), вставки пунктов в треугольники и небольшие сети из этих же фигур. Но возможны и комбинированные построения. В сетях триангуляции треугольники стараются проектировать близкими к равносторонним, в особых случаях острые углы допускаются до 20˚, а тупые – до 140˚. В свободных сетях для контроля масштаба сети необходимо иметь не более 2-х непосредственно измеренных базисных сторон. Решая последовательно треугольники от начальной стороны I-II (рисунок 1), находим все стороны системы треугольников. Если для точки I даны координаты х и у и дирекционный угол α˚ направления I-II, то из вычислений получаем дирекционные углы направлений всех сторон треугольников и координаты их вершин II, III, IV, V,…, называемых геодезическими пунктами или более конкретно пунктами триангуляции. Непосредственно измеряемая сторона I-II называются базисной стороной, а точка I, для которой задаются координаты и азимут стороны, - исходным пунктом триангуляции.

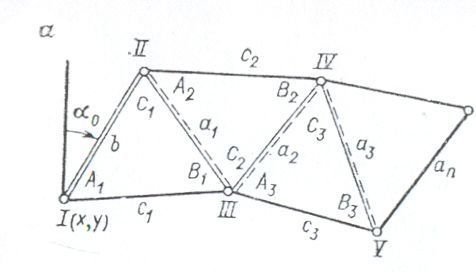


Рисунок 1 -Триангуляция и трилатерация

Таблица 1 – Основные характеристики триангуляционных сетей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | 1 класс | 2 класс | 3 класс | 4 класс |
| Длина звена триангуляции | 200 | - | - | - |
| Средняя длина стороны треугольника | 20-25 | 7-20 | 5-8 | 2-5 |
| Относительная ошибка выходной стороны |  |  |  |  |
| Приблизительная относительная ошибка стороны в слабом месте |  |  |  |  |
| Минимальное значение угла треугольника | 40˚ | 20˚ | 20˚ | 20˚ |
| Средняя квадратическая ошибка угла | ±0,7´´ | ±1´´ | ±1,5´´ | ±2´´ |

1.2 Трилатерация

Трилатерация – построение на местности примыкающих друг к другу треугольников и измерение длин всех их сторон. Сети трилатерации, создаваемые для решения инженерно – геодезических задач, часто строят в виде свободных сетей, состоящих из отдельных типовых фигур: геодезических четырехугольников, центральных систем или комбинаций с треугольниками. Решаются треугольники по формулам тригонометрии, находятся углы треугольников аналогично вычислениям элементов системы треугольников на рисунке 1. Широкое распространение сети трилатерации получили при строительстве высокоэтажных зданий, дымовых труб, атомных электростанции.

1.3 Полигонометрия

Полигонометрия – построение на местности системы ломаных разомкнутых и замкнутых линий и измерений длин d отдельных отрезков, образующих ломаную линию, и горизонтальных углов поворота β между смежными сторонами (рисунок 2). В методе полигонометрии все элементы построения измеряются непосредственно, а дирекционные углы α и координаты вершин углов поворота определяются на тех же основаниях, что и в методе триангуляции. Метод полигонометрии в общем случае предусматривает выделение через несколько сторон хода некоторых главных пунктов, между которыми углы измеряются с более высокой точностью; в этом случае определение координат хода производится с меньшими погрешностями.

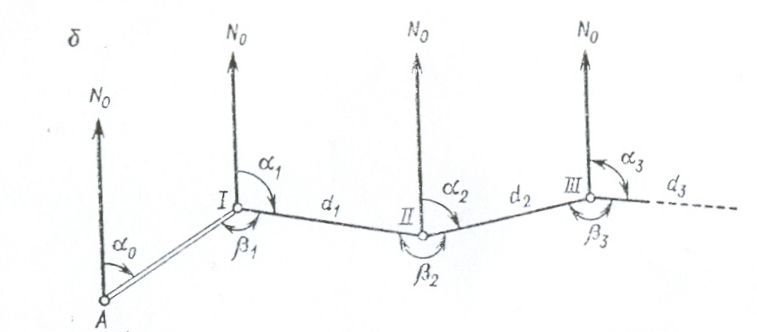


Рисунок 2 – Полигонометрия

Таблица 2 – Основные характеристики полигонометрических сетей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | 4 класс | 1 разряд | 2 разряд |
| Предельная длина хода, км:  Отдельного  Между исходной и узловой точками  Между узловыми точками | 15  10  7 | 5  3  2 | 3  3  1,5 |
| Длина стороны хода, км:  Максимальная  Минимальная  Среднерасчетная | 2,0  0,25  0,5 | 0,8  0,12  0,3 | 0,35  0,08  0,2 |
| Число сторон в ходе | ≤15 | ≤15 | ≤15 |
| Относительная ошибка хода | ≤1:25000 | ≤1:10000 | ≤1:5000 |
| Среднеквадратическая ошибка измеренного угла | ≤3″ | ≤5″ | ≤10″ |

2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ МЕСТНОСТИ

На район работ имеется учебная карта масштаба 1:50 000 с номенклатурой У-34-37-В (Снов). На данном участке работ необходимо запроектировать инженерно-геодезическую сеть триангуляции 4 класса и полигонометрию 4 класса.

Район работ представлен горным рельефом местности. Рельеф данного участка характеризуется постепенным переходом высот. Максимальная отметка района работ составляет 293.4 м, расположенная в юго-восточной части района работ. Минимальная отметка составляет 108.9 м, расположенная в юго-западной части. В районе работ расположены горы Долгая (211.4 м), Зеленая (259.4 м), Крутая (224.0 м), Губановская (223.8 м), Лысая (242.9 м), Большая (249.9 м).

Гидрография представлена сетью рек, расположенных почти по всей территории. Наиболее крупная река – Соть, русло которой проходит в юго-западной части. Берега р. Соть и ее притоки представляют собой овраги и промоины, встречаются обрывы высотой до 16 м. Скорость течения реки Соть 0,1м/с, ширина русла 285 м, глубина 4,8 м, грунт дна песчаный. Отметки урезов воды на реке Соть 109.7м, 108.9 м, на реке Соть сосредоточены следующие инженерные сооружения: каменный мост, ширина которого 13м, длина моста 400 м, грузоподъемность 50 тонн, недалеко от с.Ивановка, а также паромная переправа вблизи с.Быково, длина реки у паромной переправы 285 м, размеры парома 5х4, грузоподъемность 5тонн . На реке Соть находятся две пристани.

Главные притоки реки Соть – это река Андога, расположенная в юго-западной части, по правому берегу реки Соть; река Тихая, является левосторонним притоком реки.

Река Андога имеет скорость течения 1 м/с, характер грунта дна – песчаный, глубина 1,2м, ширина реки 17м. Недалеко от села Коровино, на р. Андога находится инженерное сооружение – каменный мост, длина которого составляет 30 м., ширина проезжей части 5 м., грузоподъемность 5 тонн.

Скорость течения реки Тихая составляет 0.2 м/с, 109.4 м. – отметка уреза воды. На реке Тихая имеется брод, ширина которого составляет 40 м., длина – 2.1 м., грунт дна песчаный. Недалеко от села Борисово, на реке Тихая имеется деревянный мост, длина которого составляет 50 м., ширина проезжей части 4 м., грузоподъемность 6 тонн. Участок представлен сетью озер: в направлении с севера на юг оз. Ясное, оз. Вольное, оз. Долгое, оз. Холодное. Берега рек Сакмара, Орляна, Губановка и их притоки представляют собой овраги и промоины.

Северо-западная часть района работ представляет собой проходимые и труднопроходимые болота глубиной до 0.5 м.

В районе работ сосредоточено несколько смешанных лесных массивов (сосна, береза, дуб). Наиболее крупные из них находятся в центральной, юго-восточной, северо-восточной частях района работ. Средняя высота деревьев 15-50 м., средняя толщина составляет 0.20-0.30 м., среднее расстояние между деревьями 3-5 м. Площадь лесного массива в среднем 10000 га.

В юго-западной части данного участка также располагается менее крупный лесной массив (сосна, береза). Средняя высота деревьев 15-16 м., средняя толщина 0.25-0.30 м., расстояние между деревьями 5 м.

Участок застроен поселками сельского и дачного типа с населением менее 100 жителей (Костино, Марково, Натальино, Окунево, Крюково, Быково, Иваново, Коровино, Ворониха, Лукино и др.). они представлены огенстойкими и неогнестойкими сооружениями. На участке работ находятся кирпичные и бумажные заводы. Кирпичный завод находится в юго-западной части, близ села Демидово. Рядом расположено месторождение глины. Бумажный завод расположен возле поселка Быково.

На данном районе работ хорошо развита дорожная сеть. В направлении с севера на юг (Мирцевск - Павлово) в районе работ проходят две крупные автомобильные дороги с усовершенствованным покрытием: ширина покрытой части составляет 13 м., ширина земляного полотна – 17 м., материал покрытия – асфальт.

Через р. Андога проходит двупутная железная дорога. На участке работ помимо автомобильных дорог, железной дороги также сосредоточены проселочные дороги, связывающие между собой все населенные пункты, также сосредоточиваются полевые и лесные дороги.

Площадь территории данного участка составляет 15200 га. На данной территории 8 пунктов государственной геодезической сети триангуляции III класса. Плотность пунктов составляет на 1 пункт 1900 га.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

3.1 Проектирование сети триангуляции

триангуляция полигонометрический невязка геодезический

Проектирование сети триангуляции включает:

- анализ геодезической изученности района работ с целью возможно более полного использования ранее развитых сетей;

- составление схемы проектируемой сети на карте с учетом наилучшего расположения пунктов и создания нужной их густоты в соответствии с техническим заданием;

- предварительный расчет высоты сигналов на пунктах триангуляции;

- установление методики работ, технических допусков в соответствии с действующими инструкциями по производству геодезических работ и предрасчет ожидаемой точности элементов триангуляционной сети;

- разработку мероприятий по организации и плана их выполнения.

Важным моментом при проектировании является правильное определение местоположения проектируемых пунктов с учетом следующих условий:

1 Длины сторон треугольников должны соответствовать для сети триангуляции 2 класса от 7 до 20 км, для сети 3 класса от 5 до 8 км, для 4 класса от 2 до 5 км (таблица 1).

2 Углы в треугольниках не должны быть менее 30° в триангуляции 2 класса (между направлениями 2 класса) и менее 25° в триангуляциях 3 и 4 классов (между направлениями данного класса). В отдельных случаях в сплошных сетях триангуляции 2 - 4 классов величина углов (между направлениями данного класса) может доходить до 20°, если это ведет к снижению высоты знаков.

3 Учитывать топографические требования к геодезической сети 2 - 4 классов в отношении примерной равномерности расположения пунктов.

4 В рядах и сетях триангуляции проектируются базисные стороны (в исключительных случаях базисные сети). В сплошных сетях триангуляции 2 класса базисные стороны должны располагаться не реже, чем через 25 треугольников. Если сети 3 и 4 классов развиваются па малых участках как изолированные сплошные триангуляционные сети, в них предусматриваются базисные стороны через 20 - 25 треугольников, но не менее двух базисных сторон.

5 В сплошных сетях триангуляции диагональные направления не проектируются, так как при заметном увеличении объема работ дают слишком небольшой выигрыш в точности уравненных элементов (на 10%).

6 Предусматривать возможность дальнейшего развития сети. Пункты сети должны быть видимы на возможно большей площади, а не только по направлениям сети.

7 Высоты знаков на пунктах должны быть наименьшими; для сетей 2 - 4 классов должна обеспечиваться взаимная видимость по линии: визирная цель - место установки угломерного прибора.

8 Для ослабления действия боковой рефракции на результаты наблюдений необходимо при проектировании избегать направлений вдоль крупных рек, озер, склонов, а также над городами и заводами. Реки стремиться пересекать под прямым углом, поверхности озер и больших болот - симметрично.

9 В зависимости от условий района работ необходимо выбрать соответствующий тип геодезических знаков. В безлесных районах предпочтительнее металлические или деревянные разборные знаки. В залесенных и полузакрытых районах с наличием местного строительного леса выгодней строить постоянные деревянные знаки.

10 В зависимости от климатических условий и характера грунта (глубина промерзания, наличие многолетней мерзлоты) выбирают типы центров, подлежащие закладке.

11 При наличии в районе работ ранее исполненных геодезических сетей по основным положениям 1939 г. необходимо предусмотреть связь с ними проектируемой сети. Эта связь осуществляется путем совмещения старых и новых пунктов триангуляции старших классов (нового и старого 2 класса или нового 2 со старым пунктом 1 класса).

Сплошная сеть триангуляции 1 (2) разряда должна опираться не менее чем на три исходных геодезических пункта старшего класса (или разряда) и не менее чем на две выходные стороны (базиса). Цепочка должна опираться на два исходных геодезических пункта и примыкающие к ним две выходные стороны (базиса).

К выбору местоположения для геодезических пунктов предъявляются следующие требования:

- место каждого пункта должно быть найдено и уточнено на местности с учетом последующего выполнения привязки сетей низших разрядов и других работ;

- место пункта должно обеспечить долговременную сохранность центров и наружных знаков. Пункт должен находиться не ближе 120 м от линий тока высокого напряжения и на расстоянии не менее двойной высоты знака от линии автомобильных и железных дорог, а также различных строений;

- пункты триангуляции следует назначать на господствующих высотах, а также на крышах высоких зданий. Видимость по всем направлениям (с запроектированной высоты знака) должна быть проверена непосредственно на местности.

3.2 Оценка точности сети триангуляции

При проектировании триангуляции существенную роль играет предвычисление точностей отдельных ее элементов и их оценка.

Под оценкой точности понимают подсчет ожидаемых средних квадратических ошибок различных элементов проектируемых и фактически полученных ошибок для построенных геодезических сетей.

Оценка точности триангуляции выполняется по весам соответствующих элементов триангуляции. Под весом в общем случае подразумевается величина, обратно пропорциональная квадрату средней квадратической ошибки, т.е.

, (5)

где С – постоянная величина.

Для оценки точности триангуляции рекомендуется использовать формулу средней квадратической ожидаемой ошибки логарифма связующей стороны ряда, удаленной от выходной стороны на n треугольников:

 (6)

где σ2Аиσ2В - перемены логарифмов синусов связующих углов А и В при изменении их на одну секунду,

 - средняя квадратическая ошибка измерения угла.

Величину  называют ошибками геометрической связи треугольников. Ошибка логарифма стороны, как весовое среднее из двух определений, без учета ошибок выходных сторон, определяется формулой:

 (7)

где: МRI – ошибка слабой стороны, вычисленная от базиса В1;

МRII – ошибка слабой стороны, вычисленная от базиса В2.

Для перевода величины, выраженной в единицах логарифмов, в значения натуральных чисел надо величину МlgSR разделить на 0,43429 - модуль десятичных логарифмов или умножить на 2,3. Полученное значение выражают в относительной мере, т. е. определяют относительную ошибку  .Относительная ошибка искомой стороны будет:

, (11)

где М=lge=0,43429 или 1/М=2,3.

Среднюю квадратическую ожидаемую ошибку определения дирекционного угла связующей стороны с номером n можно вычислить по формуле:

 (12)

где mα исх – ошибка дирекционного угла исходной стороны;

n – число связующих сторон.

На рисунке 4 представлена запроектированная сеть триангуляции 4 класса, состоящая из шести треугольников. Наименьший угол между направлениями 4 класса равен 500. Все пункты располагаются на господствующих высотах местности для обеспечения видимости. Основные характеристики ряда: величины углов, величины R для каждого треугольника представлены в таблице 4.

Таблица 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № фигуры | Связующие углы, ◦ | R |
| 1  2  3  4  5  6  7 | 48; 43  79; 50  38; 73  49; 65  53; 78  46; 41  58; 63 | 3,6  4,2  2,24  5,96  8,6  3,8  4,4 |

Суммарная средняя квадратическая ожидаемая ошибка геометрической связи определения длины стороны G – Н, без учета ошибки выходной стороны b1,при mуг=2'' по формуле (6), будет





Ошибка логарифма стороны G – Н без учета ошибки выходной стороны будет равна:

 или

 единицы шестого знака логарифма.

Для перевода величины, выраженной в единицах логарифмов, в значения натуральных чисел величину  делим на 0,43429 – модуль десятичных логарифмов. Тогда mS G-Н = 14,449 единицы шестого знака после запятой натуральных чисел или mS G-Н = 0,000014449

Ожидаемая относительная ошибка слабой стороны будет

>

Так как относительная ошибка слабой стороны больше допустимой ошибки, следовательно необходимо повысить точность измерения угла, принять mуг=1,5''.

Тогда суммарная средняя квадратическая ожидаемая ошибка геометрической связи определения длины стороны G-Н без учета ошибки выходной стороны b1,при mуг=1,5'' будет равна:





Тогда ошибка логарифма стороны G – Н без учета ошибки выходной стороны будет равна:

 или



единицы шестого знака логарифма.

Ожидаемая относительная ошибка слабой стороны будет

<

Вывод: Запроектированная сеть триангуляции 4 класса удовлетворяет требованиям инструкции.

3.3 Расчет высоты сигнала

Обязательным при проектировании сети триангуляции является определение наличия видимости между проектируемыми пунктами, а при ее отсутствии рассчитывают высоты сигналов. Расчет высоты сигналов можно произвести как графически, так и аналитически.

При аналитическом способе обычно применяется формула В.Н. Шишкина.

Допустим препятствие находится в точке С. Для решения задачи с карты берутся высоты запроектированных пунктов А и В, между которыми расположено препятствие в точке С, а также расстояния SА между точками А и С и SВ - между точками В и С (рисунок 3).

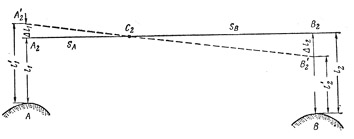


Рисунок 3

1 Вычисляют величину НС выч:

 (1)

Видимость между точками А и В будет при условии, что выбранное с карты НС < НС выч

2 Если видимости нет, сразу получают высоты сигналов:

l1=l2 =НС - НС выч (2)

В случае когда можно обойтись одним небольшим сигналом (его намечают на ближайшем к препятствию пункте), высоту сигнала вычисляют по формуле:

 (3)

Вычисления удобно производить при помощи логарифмической линейки. Поправка за кривизну Земли и рефракцию V выбирают из таблиц или вычисляют по приближенной формуле:

 (4)

Все вычисления для удобства ведут в таблице, форма которой представлена ниже.

Таблица 3 - Определение видимости между проектируемыми пунктами F и E сети триангуляции IV класса

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункты | Н, м | S, км | V, м | H-V, м |  | ,м | НС выч |
| F | 231,60 |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 3,6 | 0,86 | 230,74 | 0,8 | 46,15 |  |
| C | 258,30 |  |  |  |  |  | 214,11 |
|  |  | 0,9 | 0,05 | 209,95 | 0,2 | 167,96 |  |
| E | 210,00 |  |  |  |  |  |  |
|  |  | ∑ 4,5 |  | Контроль | ∑=1 |  |  |

Так как НС выч < НС , следовательно видимость между пунктами F и E отсутствует.

Высоты сигналов определяются по формуле:

l1=l2 =НС - НС выч = 258,30 – 214,11 = 44,19 м.

В курсом проекте также определена видимость между пунктами F и E графическим способом (Приложение Г).

3.4 Проектирование сети полигонометрии

В процессе проектирования полигонометрической сети намечается целесообразный вариант проложения ходов, закрепления центров, производство наблюдений и обработки результатов. На карте, прежде всего, наносят имеющиеся в районе работ пункты триангуляции и полигонометрии. Проектируемые ходы намечают сначала для высших, а затем для низших классов и разрядов с учетом следующих условий:

- линии ходов располагают вдоль улиц, дорог, рек, по просекам и вообще на участках удобных для угловых и линейных измерений; пункты намечают вблизи объектов съемки и строительства в местах, удобных для разбивочных и работ и обеспечивающих их сохранность;

- предусматривается возможность привязки ходов к пунктам высшего класса; если к исходному пункту нельзя примкнуть непосредственно, составляют проект передачи координат с него на пункт полигонометрии с учетом указаний;

- полигонометрические ходы должны быть по возможности вытянутыми и равносторонними; короткие стороны не следует располагать рядом с длинными; практически ход считается вытянутым, если пункты его расположены вправо или влево от замыкающей не более чем на 1/10 ее длины, а стороны составляют с замыкающей углы не более 200;

- для ходов с большим числом подсчитывают ожидаемую линейную невязку М'; если относительная невязка  окажется больше допустимой, проект следует изменить. Следует отметить, что величина относительной невязки полигонометрического хода не всегда является достаточным критерием точности определения координат пунктов, поэтому в отдельных случаях при проектировании ломанных ходов целесообразно вычислять ожидаемую ошибку определения отдельных пунктов.

Полигонометрические сети 4 класса создают в виде системы или отдельных ходов. Проложение замкнутых ходов, опирающихся на один исходный пункт, и висящих ходов не допускается.

Полигонометрические сети, развиваемые на территориях городов, поселков, горнодобывающей и нефтеперерабатывающих предприятий, для строительства инженерных сооружений должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблице 2.

3.5 Оценка точности полигонометрической сети методом последовательных приближений

Оценка проектов полигонометрических сетей заключается в определении ожидаемых ошибок координат узловых пунктов, относительных ошибок ходов и сравнении их с допустимыми. Выполняется строгими и приближенными способами. Для оценки проектов полигонометрических сетей наиболее простым является методом последовательных приближений. Этот метод дает возможность подсчитать ожидаемую среднюю квадратическую ошибку определения положения каждой узловой точки по отношению к группе смежных узловых точек, а не по отношению к исходным пунктам. Для начала оценки необходимо произвести линейные измерения. Для этого измеряются длины линий в ходах, сходящихся в узловых точках I и II. Сеть относится к полигонометрии 4 класса. Измерение линий предполагается произвести светодальномером, поэтому средняя квадратическая ошибка измерения линий принята mS = ±15 мм, а ошибка угла mβ = ±2''. Вычисленные длины линий представлены в таблице 5.

Таблица 5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № хода | Число сторон в ходе | Длина хода, км |
| r1 | 6 | 4,45 |
| r2 | 6 | 4,55 |
| r3 | 6 | 3,3 |
| r4 | 9 | 6,15 |
| r5 | 9 | 6,55 |

Ожидаемые ошибки определения конечных точек каждого хода вычисляют по формуле:

 (13)

где n – количество линий в ходе; [S] – длина хода; mS - средняя квадратическая ошибка измерения линии; mβ - средняя квадратическая ошибка измерения угла.

Вычисленные средние ожидаемые ошибки определения положения конечных точек хода по формуле (13) представлены в таблице 6.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № хода |  |  | М2 | М |  |
| r1 | 1350 | 1396 | 2746 | 52 | 1:85577 |
| r2 | 1350 | 1946 | 3296 | 57 | 1:79825 |
| r3 | 1350 | 1024 | 2374 | 49 | 1:67347 |
| r4 | 2025 | 3556 | 5581 | 75 | 1:82000 |
| r5 | 2025 | 4034 | 6059 | 78 | 1:76600 |

Веса определения положения узловых точек I и II по соответствующим ходам r1, r2 и r3; r3, r4 и r5 вычисляются по формулам:

для I узловой точки:

для II узловой точки: (14)

где С – постоянная величина и равна 100000.

Общий вес определения положения узловых точек I и II будет равно:

Р1= Р1 +Р2+ Р3; Р2 =Р3 +Р4+ Р5 (15)

#### Средние квадратические ошибки определятся формулой:





Во 2-м приближении полученные среднеквадратические ошибки узловых точек I и II следует учесть как ошибки исходных данных. Следовательно, для I узловой точки получим:

 (17)

Веса по ходам во втором приближении находятся аналогично. Приведенные вычисления сводятся в таблицу 7. Приближения производятся до тех пор, пока результаты оценки в последних двух приближениях не совпадут.

Таблица 7 – Метод последовательных приближений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № хода | № исходной точки | 1 приближение | | | | | | | | | | | | | | |
| Мr | Мисх | | | | | Мr2 | | | | | | М2исх | М2общ | Р |
| r1 | J | 52 | 0 | | | | | 2704 | | | | | | 0 | 2704 | 37 |
| r2 | B | 57 | 0 | | | | | 3249 | | | | | | 0 | 3249 | 31 |
| r3 | II | 49 | 0 | | | | | 2401 | | | | | | 0 | 2401 | 42 |
|  |  | МІ2 = 909 МІ = 30 | | | | | | | | | | | |  |  | ∑= 110 |
| r3 | I | 63 | | 0 | | | | | 3912 | | | | | 0 | 3912 | 26 |
| r4 | H | 62 | | 0 | | | | | 3818 | | | | | 0 | 3818 | 26 |
| r5 | C | 120 | | 0 | | | | | 14423 | | | | | 0 | 14423 | 7 |
|  |  | МІІ2 = 1316 МІІ = 36 | | | | | | | | | | | |  |  | ∑= 76 |
| № хода | № исходной точки | 2 приближение | | | | | | | | | | | | | | |
| Мr | | Мисх | | | | | Мr2 | | | | | М2исх | М2общ | Р |
| r1 | J | 52 | | 0 | | | | | 2704 | | | | | 0 | 2704 | 37 |
| r2 | B | 57 | | 0 | | | | | 3249 | | | | | 0 | 3249 | 31 |
| r3 | II | 49 | | 0 | | | | | 2401 | | | | | 1296 | 3697 | 27 |
|  |  | МІ2 = 1053 МІ = 32 | | | | | | | | | | | |  |  | ∑= 95 |
| r3 | I | 49 | | | | | 36 | | | | | 2401 | | 900 | 3301 | 30 |
| r4 | H | 75 | | | | | 0 | | | | | 5625 | | 0 | 5625 | 18 |
| r5 | C | 78 | | | | | 0 | | | | | 6084 | | 0 | 6084 | 16 |
|  |  | МІІ2 = 1563 МІІ = 40 | | | | | | | | | | | |  |  | ∑= 64 |
| № хода | № исходной точки | 3 приближение | | | | | | | | | | | | | | |
| Мr | | | | | Мисх | | | | | Мr2 | | М2исх | М2общ | Р |
| r1 | J | 52 | | | | | 0 | | | | | 2704 | | 0 | 2704 | 37 |
| r2 | B | 57 | | | | | 0 | | | | | 3249 | | 0 | 3249 | 31 |
| r3 | II | 49 | | | | | 40 | | | | | 2401 | | 1600 | 4001 | 25 |
|  |  | МІ2 = 1075 МІ = 33 | | | | | | | | | | | |  |  | ∑= 93 |
| r3 | I | 49 | | | 35 | | | | | 2401 | | | | 1225 | 3626 | 28 |
| r4 | H | 75 | | | 0 | | | | | 5625 | | | | 0 | 0 | 18 |
| r5 | C | 78 | | | 0 | | | | | 6084 | | | | 0 | 0 | 16 |
|  |  | МІІ2 = 1613 МІІ = 40 | | | | | | | | | | | |  |  | ∑= 62 |
| № хода | № исходной точки | 4 приближение | | | | | | | | | | | | | | |
| Мr | | | Мисх | | | | | | Мr2 | | М2исх | | М2общ | Р |
| r1 | J | 52 | | | 0 | | | | | | 2704 | | 0 | | 2704 | 37 |
| r2 | B | 57 | | | 0 | | | | | | 3249 | | 0 | | 3249 | 31 |
| r3 | II | 49 | | | 40 | | | | | | 2401 | | 1600 | | 4001 | 25 |
|  |  | МІ2 = 1075 МІ = 33 | | | | | | | | | | |  | |  | ∑= 93 |
| r3 | I | 49 | | | | 33 | | | | | 2401 | | 1089 | | 3490 | 29 |
| r4 | H | 75 | | | | 0 | | | | | 5625 | | 0 | | 5625 | 18 |
| r5 | C | 78 | | | | 0 | | | | | 6084 | | 0 | | 6084 | 16 |
|  |  | МІІ2 = 1587 МІІ = 40 | | | | | | | | | | |  | |  | ∑= 63 |

Так как среднеквадратические ошибки узловых точек во втором и третьем приближениях совпали, то приближения больше производить не требуется.

После выполнения оценки необходимо убедиться, что проект сети удовлетворяет точностным требованиям. Для этого по каждому ходу необходимо подсчитать величины влияния предвычисленных ошибок узловых точек, пользуясь формулой:

 (18)

Общая ожидаемая ошибка по ходу определяется формулой:

М2об= М2исх+ М2r (19)

где Мн, Мк – ожидаемые ошибки определения положения начальной и конечной точек хода;

Мr – ошибка, накопленная в результате действия ошибок измерения углов и линий в ходе, вычисляемая по формуле 13.

Затем вычисляют среднюю квадратическую относительную ошибку  и предельную относительную ожидаемую ошибку .

Вычисления предельной относительной ожидаемой ошибки приведены в таблице 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовом проекте рассмотрен и изучен ряд вопросов и задач по инженерной геодезии, закрепивших знания, полученные за курс инженерной геодезии. В данной работе произведено проектирования и расчет точности инженерно – геодезической сети. В курсовом проекте детально рассмотрены государственные инженерные сети, сети сгущения и методы их проектирования.

На выбранном участке работ запроектированы сети сгущения методом триангуляции и полигонометрии.

Сети запроектированы согласно требованиям и соответствуют правилам построения.

В запроектированной инженерно – геодезической сети триангуляции 4 класса ошибка слабой стороны составляет 1: 100000, а допустимая ошибка равна 1:70000, то есть вычисленная ошибка слабой стороны удовлетворяет нормам. Следовательно, данная сеть запроектирована целесообразно с точки зрения требуемой точности.

Обязательным при проектировании сети триангуляции являлось определение наличия видимости между проектируемыми пунктами. Между пунктами F и E видимость отсутствует. Поэтому для данной линии определены высоты сигналов графическим и аналитическим способами, их высота в пунктах F и E составила по 44,19 м.

В полигонометрии сети 4 класса полученной путем сгущения триангуляции 4 класса ожидаемые ошибки узловых точек I и II соответственно равны 38 и 44 мм.

При оценке полигонометрического хода полученный знаменатель допустимой невязки лежит в пределах допустимого значения (1:25000).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Инструкция по построению государственной геодезической сети. Геодиздат, 1981

2 Практикум по курсу прикладной геодезии. Москва: "Недра", 1977

3 Справочное пособие по рекогносцировке пунктов триангуляции и полигонометрии. Москва: "Недра", 1975

4 Судаков С.Г. Основные геодезические сети. Москва: "Недра", 1975

5 Инструкция по полигонометрии и трилатерации. Москва: "Недра", 1976

6 Лебедев Н.Н. Курс инженерной геодезии. Геодезические работы при проектировании и строительстве городов и тоннелей. Москва: "Недра", 1974

7 Справочник по инженерной геодезии. Под ред. Н.Г. Видуева. Киев: "ВИЩА ШКОЛА", 1978