



Лабораторная работа 4. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЙ ПРИВЯЗКИ СНИМКОВ

Исходные данные и материалы:
топографическая карта масштаба 1:25000;
расчетные данные проекта летносъёмочных работ,
масштаб будущей карты 1:2000, высота сечения рельефа 1м;

Задание: исходя из масштаба будущей карты и высоты сечения рельефа определить: средние квадратические погрешности планового положения (СКП) точек на карте и СКП точек плановой фототриангуляции; средние квадратические погрешности высотного положения точек на карте и СКП точек плановой фототриангуляции; рассчитать точность маршрутной и блочной сети фототриангуляции, которая строится на цифровой фотограмметрической системе (ЦФС); составить проект планово-высотной привязки снимков.

В качестве примера выполнен расчет при следующих параметрах:
масштаб аэротосъемки 1:7000; фокусное расстояние аэрофотоаппарата $f = 100\text{мм}$; высота фотографирования над средней плоскостью участка $H = 700\text{м}$ продольное $P_x = 67\%$ и поперечное перекрытия $P_y = 40\%$ аэрофотоснимков, количество съёмочных маршрутов $n_m = 14$, число снимков в маршруте $n_{сн} = 22$.

1. Технология определения средних квадратических погрешностей планового и высотного положения точек на карте и СКП точек плановой и высотной фототриангуляции

Для графических оригиналов средние погрешности в положении на карте предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек планового съёмочного обоснования, выраженные в масштабе создаваемой карты (плана), не должны превышать:

а) 0,5 мм - при создании карт (планов) равнинных, всхолмленных и пустынных районов с преобладающими уклонами местности до 6° ;

б) 0,7 мм - при создании карт и планов горных и высокогорных районов.

Для масштаба будущей карты 1:2000, получим

Средняя погрешность планового положения точки на карте:

$$v_d = 0,5 * 2000 = 1,0\text{м} \quad (4.1)$$

Средняя квадратическая погрешность планового положения точек на карте (при нормальном законе распределения)

$$m_d = 1,25 * v_d = 1,25 * 1 = 1,25\text{м} \quad (4.2)$$

Будем считать, что плановая точность фотограмметрической сети должна быть в $\sqrt{2}$ раз выше, точности положения контуров и предметов местности. Тогда средняя квадратическая погрешность точек плановой сети фототриангуляции

$$m_{d\text{фот.}} = \frac{m_d}{\sqrt{2}} = 0,88\text{м} \quad (4.3)$$

Согласно инструкции [1], средние погрешности съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования, выраженные в долях принятой высоты сечения рельефа горизонталями, не должны превышать значений, приведенных в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Средние погрешности съемки рельефа на планах (картах) масштаба (в долях высоты сечения)

Характер районов съемки	Средние погрешности съемки рельефа на планах (картах) масштаба (в долях высоты сечения)					
	1:500	1:1 000	1:2000	1:5000	1:10000	1:25000
Плоскоравнинные с углами наклона до 1°	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/3
Равнинные с углами наклона от 1 до 2°	1/4	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3
Всхолмленные при углах наклона от 2 до 6° От 2 до 1 0°	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3

При высоте сечения рельефа 1 м для плоскоравнинных районов средняя погрешность высотного положения точек на карте :

$$v_z = \frac{1}{4} * 1 = 0,25\text{м} \quad (4.4)$$

Средняя квадратическая погрешность высотного положения точек на карте:

$$m_z = 1,25 * v_z = 1,25 * 0,25 = 0,31\text{м} \quad (4.5)$$

Будем считать, что точность фотограмметрической сети по высоте должна быть в $\sqrt{2}$ раз выше, точности высотного положения точек на карте. Тогда средняя квадратическая погрешность точек

$$m_{z\text{фот.}} = \frac{m_z}{\sqrt{2}} = 0,22\text{м} \quad (4.6)$$

2.Определение точности маршрутной и блочной сети фототриангуляции, построенной на цифровой фотограмметрической системе (ЦФС)

Средняя квадратическая погрешность измерения параллакс и координат точек не должна превышать 0,4-0,5 элемента сканирования при его величине 10-20 мкм.

Найдем среднюю квадратическую погрешность измерения параллакс и координат точек в зависимости от геометрического разрешения сканирования снимков.

В соответствии с требованиями действующей инструкции по фотограмметрическим работам размер элемента геометрического разрешения определяют в зависимости от назначения цифровых снимков, с учетом нескольких критериев, в частности:

- требуемой точности определения плановых координат точек

$$P_{XY} = 0,5V_S M / m = 0,5V_S / K_t ; \quad (4.7)$$

- требуемой точности определения высот точек

$$P_Z = 0,5f V_Z / (bm) ; \quad (4.8)$$

- сохранения разрешающей способности исходного снимка (изображения):

$$P_R = 0,4/R ; \quad (4.9)$$

- обеспечения требуемого разрешения графических фотопланов (ортофотопланов)

$$P_p = 70M/m = 70/K_t , \quad (4.10)$$

где M , m – знаменатели масштабов создаваемого плана и аэроснимка;

V_S , V_Z – требуемая точность определения плановых координат (порядка 0,2 мм в масштабе плана) и высот точек (1/5 сечения рельефа) в метрах;

R – разрешающая способность исходного снимка (линий на мм);

f , b – фокусное расстояние съёмочной камеры и базис фотографирования в масштабе снимка (мм).

При $M=2000$, $m=7000$ $f=100$ мм, $b=70$ мм, $R=40$ линий на мм, сечении рельефа $h=1,0$ м будем иметь:

$$P_{XY} = 0,5 * 0,2 * 2000 / 7000 = 0,028 \text{ мм} = 28 \text{ мкм}$$

$$P_Z = 0,5 * 100 * 0,2 * 1000 / (70 * 7000) = 0,020 \text{ мм} = 20 \text{ мкм}$$

$$P_R = 0,4 / 40 = 0,01 \text{ мм} = 10 \text{ мкм}$$

$$P_p = 70 * 2000 / 7000 = 20 \text{ мкм}$$

Если цифровые снимки создаются для фотограмметрического сгущения в плане и по высоте, изготовления ортофотопланов и при этом нужно сохранить разрешающую способность исходных материалов, то сканировать нужно с разрешением 10 мкм или $25600/10=2600$ dpi. Тогда, средняя квадратическая погрешность измерения параллакс и координат точек в зависимости от геометрического составит 0,4 элемента сканирования мкм

$$m_q = m_{x,y} = 0,4 * 10 = 4 \text{ мкм}$$

При расчетах СКП построения сетей фототриангуляции примем следующее:

количество базисов в ряду фототриангуляции будет равно числу снимков в маршруте минус 1, т.е.

$$n = n_{сн} - 1 \quad (4.11)$$

Базис фотографирования b равен :

для снимков формата 180x180 мм: $b=70$ мм

для снимков формата 230x230мм: $b=90$ мм

$$\left. \begin{aligned} m_D &= 0,30mm_q \sqrt{n^3} = 0,30 * 7000 * 0,006 \sqrt{21^3} = 1,21m \\ m_Z &= 0,23m \frac{f}{b} m_q \sqrt{n^3} = 0,23 * 7000 \frac{100}{70} * 0,006 \sqrt{21^3} = 1,33m \end{aligned} \right\} \quad (4.12)$$

Точность блочных сетей фототриангуляции в 1,5–2 раза выше точности маршрутной фототриангуляции. Таким образом, СКП построения блочной сети фототриангуляции в плане и по высоте в наиболее слабом месте

$$\left. \begin{aligned} m_D &= \frac{m_D}{1,5} = 0,81m \\ m_Z &= \frac{m_Z}{1,5} = 0,89m \end{aligned} \right\} \quad (4.13)$$

СКП построения блочной сети в плане и по высоте можно также предрасчитать по приближенным формулам:

$$m_D = 0,2 \frac{Hm_{xy}}{f} \sqrt{n^3 + 3n^2 + 2n}, \quad m_Z = 0,14 \frac{Hm_q}{b} \sqrt{n^3 + 3n^2 + 2n} \quad (4.14)$$

где m_D, m_Z – ошибки построения сети в плане и по высоте;

m_q – средняя квадратическая ошибка измерения поперечного параллакса;

f – фокусное расстояние съёмочной камеры.

Более строгие формулы оценки точности фототриангуляционных построений учитывают метод построения сети, число и схему размещения опорных точек, число точек на стереопаре при взаимном ориентировании и т. д.

Выполним расчет

$$\left. \begin{aligned} m_D &= 0,2 \frac{700 * 0,006}{100} \sqrt{21^3 + 3 * 21^2 + 2 * 21} = 0,86m, \\ m_Z &= 0,14 \frac{700 * 0,006}{70} \sqrt{21^3 + 3 * 21^2 + 2 * 21} = 0,87m \end{aligned} \right\}$$

Таким образом, расчет СКП по формулам (4.12) и (4.14) дает практически одинаковые результаты.

Формулы (4.14) можно упростить и использовать их для расчета расстояний между плановыми и высотными опознаками при составлении проекта планово-высотной привязки снимков (см. задание 3).

3.Определениерасстояний между плановыми и высотными

опознаками при составлении проекта планово- высотной привязки снимков

Будем считать, что на универсальных фотограмметрических приборах и цифровых фотограмметрических системах строится фотограмметрическая сеть по всему блоку снимков (т.е. блочная фототриангуляция).

Для расчета будем использовать формулы (8)

Число базисов фотографирования между плановыми опознаками:

$$n_D = \sqrt[3]{\left(\frac{fm_{d\phi\phi_0}}{0,2Hm_{xy}}\right)^2} \quad (4.15)$$

Число базисов фотографирования между высотными опознаками:

$$n_Z = \sqrt[3]{\left(\frac{bm_{z\phi\phi_0}}{0,14Hm_q}\right)^2} \quad (4.16)$$

Выполним расчет:

$$n_D = \sqrt[3]{\left(\frac{100 * 0,88}{0,2 * 700 * 0,008}\right)^2} = 18 \text{ базисов}$$

$$n_Z = \sqrt[3]{\left(\frac{70 * 0,22}{0,14 * 700 * 0,008}\right)^2} = 7 \text{ базисов}$$

При составлении проекта планово-высотной привязки необходимо учитывать ошибки определения плановых и высотных опознаков.

Согласно [1], опорные точки должны быть определены со СКП не превышающей 0,1 мм в масштабе создаваемой карты и 0,1 принятой высоты сечения рельефа.

Для масштаба будущей карты 1:2000 и высоте сечения рельефа 1м СКП определения опорных точек не должны превышать 0,20 м в плане и 0,10 м по высоте.

В настоящее время координаты и высоты опознаков определяются с использованием спутниковых систем. СКП определения координат точек в плане и по высоте зависят от режима спутниковых измерений и в среднем составляют порядка 0,12-0,15 м.

Таким образом, предельные средние квадратические погрешности определения высот точек с использованием спутниковых систем превышают допустимую величину 0,10 м и практически сопоставимы с допустимой средней квадратической погрешностью высотного положения точек на карте $m_{z\phi\phi_0} = 0,22\text{ м}$.

Следовательно, если координаты и высоты опознаков будут определяться с использованием спутниковых систем, то для обеспечения требуемой

точности рисовки рельефа, необходимо расстояние между высотными опознаками, рассчитанные по формуле (16) уменьшить в 2-3 раза.

Для обеспечения некоторого запаса точности и учитывая, что при фотограмметрическом сгущении сетей часть плановых и высотных опознаков используется как контрольные точки, на производстве при высоте сечения рельефа будущей карты 1м выполняют сплошную высотную привязку.

Тогда получим

$$n_z = \frac{7}{2} = 3,5 = 3 \text{ базиса} \quad (4.17)$$

4. Проектирование маркировки полевого планово-высотного геодезического обоснования

Рассчитать максимальные и минимальные размеры маркировочных знаков, по вычисленным размерам составить схемы маркировочных знаков.

В районах, где нельзя обеспечить надежное опознавание на аэрофотоснимках четких контурных точек местности, перед аэрофотосъемкой выполняют маркировку точек полевого планового или планово-высотного геодезического обоснования.

В открытой местности, а также в редком лесу или кустарнике маркировочным знаком может служить выложенный на земле трех- или четырехлучевой знак с треугольной или четырехугольной площадкой в центре (рис. 4.1). При необходимости в центре знака устанавливают вежу.

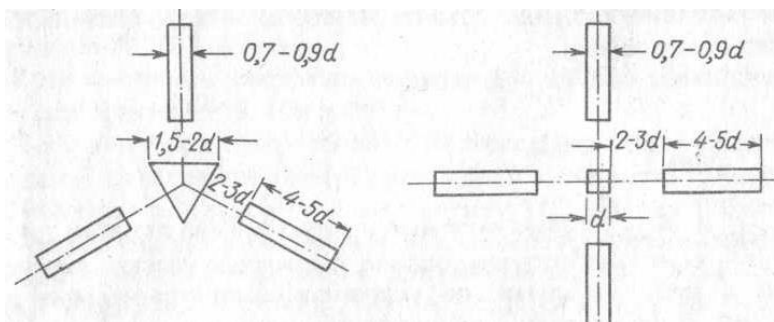


Рис. 4.1 Маркировочные знаки

Максимальный и минимальный размеры знаков (в м) на местности в зависимости от масштаба аэрофотосъемки и фона окружающего ландшафта определяют по формулам

$$d_{\max} = 0,05 \frac{M}{1000}, \quad d_{\min} = 0,025 \frac{M}{1000}. \quad (4.18)$$

Выполним расчет для масштаба аэрофотосъемки 1:7000

$$d_{\max} = 0,05 \frac{7000}{1000} = 0,35 \text{ м} \quad d_{\min} = 0,025 \frac{7000}{1000} = 0,18 \text{ м}$$

Для маркировки используют материалы белого цвета, если фон окружающего ландшафта темный, зеленый или серый. Если фон ландшафта светлый, то для маркировки применяют черные материалы. Так как размеры светлых предметов на аэрофотоснимках несколько преувеличены, а размеры темных преуменьшены, ширина каждого луча черного знака должна быть увеличена на 30 % по сравнению с белым.

На твердом грунте, а также вблизи населенных мест маркировку выполняют красителями.

На незакрепленных песках и в болотистой местности устанавливают надземные знаки. При этом маркировочный материал укрепляют на деревянных рамах, установленных на кольях высотой 30 — 50 см над поверхностью земли.

На задернованных почвах маркировку выполняют путем вспашки знака плугом или окопки лопатой, на неплотном грунте и в полупустыне — путем накатки знака колесами автомашины.

На каждый маркированный знак составляют карточку, в которой указывают: номер и место размещения знака; форму и размеры знака; маркировочный материал; номера аэрофотоснимков, на которых знак изображился (заполняют после аэрофотосъемки). Кроме указанных сведений, в карточке приводят зарисовку (абрис) вида знака и его местоположения.

5. Составление схемы размещения планово-высотной привязки снимков

Составить схему размещения плановых и высотных опознаков на топографической карте масштаба 1:25000. На схеме показать оси маршрутов с центрами снимков, область размещения плановых и высотных опознаков.

При составлении схемы, будем исходить из следующего:

1. При фотограмметрическом сгущении сеть строится по всему блоку снимков с использованием ЦФС;

2. Координаты и высоты опознаков определяются с использованием глобальных спутниковых систем позиционирования.

Плановые и высотные опознаки располагают рядами поперек аэросъемочных маршрутов в зоне поперечного перекрытия через рассчитанное число базисов фотографирования:

для плановых опознаков - 18,

для высотных 3.

Так как для планово-высотной привязки используют спутниковые технологии, позволяющие одновременно выполнять определение координат и высот точек, при составлении схемы все опознаки совместим, т.е. получим планово-высотные опознаки.

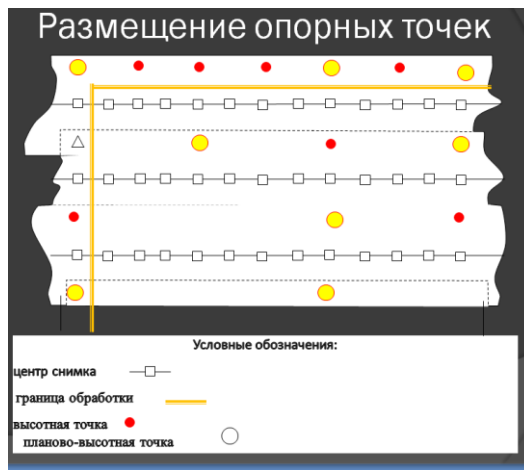


Рис. 4.2.Размещение опорных точек