



Лекция 5: ПЛАНОВО-ВЫСОТНАЯ ПРИВЯЗКА АЭРОФОТОСНИМКОВ

Вопросы: 5.1 Планово-высотная привязка аэрофотоснимков.

5.1.1 Сущность планово-высотной привязки аэрофотоснимков.

5.1.2 Схемы размещения опорных точек.

5.1.3 Опознавание и оформление точек на снимках.

5.1.4 Способы планово-высотной привязки снимков.

Литература

1. Назаров, А.С. Фотограмметрия: учебное пособие для студентов вузов / А. С. Назаров. -Мн.: ТетраСистемс, 2006. –368 с.
2. Ильинский, М.Д., Фотограмметрия и дешифрирование снимков / М.Д. Ильинский, А.И. Обиралов, А.А. Фостиков. - М.: Недра, 1986.– 375с.
3. Обиралов, А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А.И. Обиралов, А.Н.Лимонов, Л.А.Гаврилова. – М.: КолосС, 2006. – 336 с.

Вопросы: 5.1 Планово-высотная привязка аэрофотоснимков

5.1.1 Сущность планово-высотной привязки аэрофотоснимков

Планово-высотная привязка снимков – комплекс топографо-геодезических работ по опознаванию на местности и определению геодезических координат избранных контурных точек аэроснимков.

В зависимости от назначения различают три вида привязки:

- 1) плановую, в результате которой определяют плановые геодезические координаты X и Y точек, необходимых для изготовления контурного фотоплана или плана местности;
- 2) планово-высотную, в результате которой определяют пространственные геодезические координаты X , Y и Z точек, необходимых для изготовления топографического плана местности;
- 3) высотную, в результате которой определяют только высоты точек (координата Z), необходимые для камерального сгущения высотной геодезической основы и стереоскопической рисовки рельефа.

Опорной точкой (опознаком) называют любую контурную точку, опознанную на аэроснимке и местности, координаты которой определены по результатам геодезических измерений.

При этом опорные точки могут быть определены только в плане, только по высоте или в плане и по высоте. В первом случае привязку называют плановой, во втором – высотной, а в третьем – планово-высотной.

Планово-высотная привязка снимков включает в себя:

- ✓ подготовку материалов,
- ✓ составление проекта привязки,
- ✓ рекогносцировку и закрепление в натуре опорных точек,

✓ полевые измерения, вычислительные работы, оформление материалов и сдачу работ.

Подготовка материалов заключается в том, что на объект работ подбираются репродукции накидного монтажа и комплект снимков (при малых коэффициентах увеличения фотоизображения – контактных, а при больших – увеличенных примерно до масштаба будущего плана). С имеющихся топографических карт пункты геодезической сети переносятся на репродукцию накидного монтажа, а затем зоны возможного расположения этих пунктов на снимки.

Составление проекта привязки опорных точек и развития съемочного обоснования выполняется на репродукции накидного монтажа. При использовании больших коэффициентов увеличения фотоизображения (порядка 4) применяется обычно сплошная плановая привязка. В прочих случаях – разреженная.

Места расположения запроектированных опорных точек показываются на репродукции накидного монтажа кружками диаметром 5 мм красной тушью, границы зон опознавания отмечаются на одном из перекрывающихся снимков красным карандашом.

Опорные точки размещаются таким образом, чтобы они находились на максимальном числе снимков. Это условие выполняется при размещении опорной точки в середине поперечного и продольного перекрытия снимков.

Точка, выбираемая на аэроснимке в качестве опорной, должна, бесспорно, опознаваться как на местности, так и на всех покрывающих ее аэроснимках. В качестве таких точек используются углы изгородей, низких строений, перекрестков дорог, промоин, резких изгибов тропинок, канав, отдельные кусты и другие точки, которые можно бесспорно опознать и наколоть на аэроснимке с ошибкой не более 0,1 мм.

Лучшие геометрические формы контуров, образующих надежно опознаваемые точки, приведены на рис. 6.1 под номерами 1–6 в желаемом порядке. В качестве опорной точки можно взять центр какой-либо площадки (пятна), но при условии, что форма площадки правильная, диаметр изображения не более 2 мм и есть уверенность в бесспорности его опознавания на аэроснимке и местности.

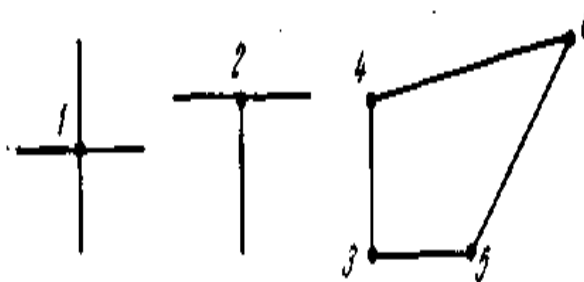


Рис.5.1 Формы контуров, образующие опознаки

Точки, получающиеся в результате пересечений линий под углом менее 60° , нежелательны, а менее 30° недопустимы. Точка должна быть доступна на местности для геодезического определения ее координат.

Собственная высота (в метрах) объекта, выбираемого на местности в качестве опорной точки, не должна превышать величины:

$$h = \frac{\delta_0 Mf}{r} \quad (5.1)$$

где δ_0 — допустимое смещение изображения на фотоплане, вызываемое собственной высотой объекта ($\delta_0=0,1$ мм);

r — расстояние от главной точки аэронегатива до угла рабочей площади его, выраженное в миллиметрах.

Из формулы видно, что в качестве опорных точек лучше выбирать объекты местности, лежащие возможно ближе к уровню земли (угол земельного участка, пересечение тропинок, угол заборов и т. п.). Если приходится брать высокий объект, то необходимо определить его высоту над уровнем земли для вычисления соответствующей поправки. Нельзя выбирать опорные точки на дне оврага, на склоне обрыва и т. п.

Ошибка в определении координат опорной точки относительно ближайшего пункта геодезической основы не должна превышать 0,2 мм в масштабе плана. Опорная точка должна располагаться на перекрытии возможно большего количества аэроснимков, что улучшает качество.

5.1.2 Схемы размещения опорных точек

Опорные точки могут обеспечивать либо каждый снимок, либо некоторое их количество. В первом случае речь идет о *сплошной* привязке, используемой для фотограмметрической обработки отдельных снимков или стереопар, а во втором — о *разреженной*. Сеть опорных точек, полученных при разреженной привязке, в дальнейшем сгущают путем построения сетей пространственной фототриангуляции с тем, чтобы в итоге обеспечить геодезическими данным каждый снимок или каждую стереопару. Опорные точки располагают в углах рабочей площади снимка, в зоне тройного продольного и поперечного перекрытий снимков, не ближе 1 см к их краям.

Так, при создании топографических карт плоскоравнинных, равнинно-пересеченных и всхолмленных районов, в соответствии с требованиями действующих инструкций, планово-высотные опознаки располагают поперек аэросъемочных маршрутов таким образом, чтобы на каждом маршруте было по одному опознаку каждого ряда (рис. 5.2).

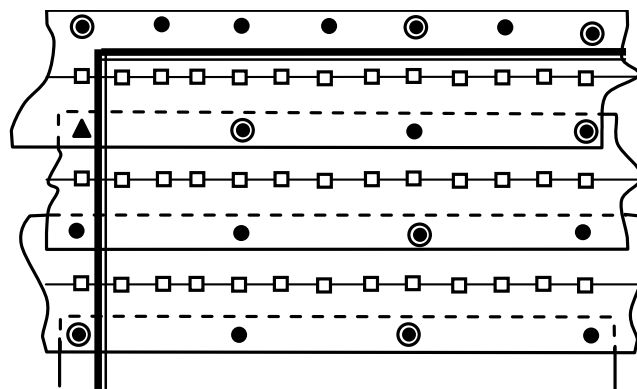


Рис. 5.2. Размещение опорных точек
 Условные обозначения: □ — центр снимка;
 — граница обработки; ● — высотная точка;
 ⊙ — планово-высотная точка

Высотные опознаки размещают по такой же схеме, но в два раза гуще, чем планово-высотные. Для обеспечения сводок со смежными объектами по границам обработки плановые и высотные опознаки размещают в два раза гуще, чем рекомендовано действующими инструкциями.

Если параметры аэрофотосъемки или точность фотограмметрической обработки отличаются от рекомендуемых инструкциями, то расчет плотности опорных точек исходя из конкретных значений этих параметров, точности фотограмметрического сгущения.

Практически каждое предприятие, выполняющее фотограмметрическую обработку материалов аэрофотосъемки, располагает типовыми схемами размещения опорных точек, разработанными применительно к принятой технологии выполнения работ, наличию оборудования, физико-географическим условиям территории и т. д.

5.1.3 Опознавание и оформление точек на снимках

Рекогносцировка и закрепление в натуре опорных точек начинаются с обследования пунктов триангуляции государственной сети, опознавания и оформления их на снимках. Центр опознанного пункта триангуляции накалывается тонкой иглой, и на обратной стороне снимка зарисовывается в полутонах абрис или прикладывается фотоабрис. Если на пункте не сохранился наружный знак, то над его подземным центром устанавливается веха. Высота вехи должна обеспечивать видимость при выполнении плановой привязки опорных точек.

В процессе рекогносцировки уточняется метод геодезического определения и выбирается окончательное положение опорной точки.

Опознанные плановые опорные точки закрепляются на местности кольями длиной 0,3 – 0,5 м, вбиваемыми вровень с землей и окапываемыми треугольником со сторонами 1,2—1,5 м.

Погрешность опознавания не должна превышать 0,1 мм в масштабе составляемого плана. Если в зоне опознавания в качестве опорной можно использовать несколько точек, то предпочтение отдается той, геодезическое определение которой будет проще. Опознанная точка накалывается на снимке с погрешностью, не превышающей 0,1 мм. Диаметр накола не должен превышать 0,1 мм.

С обратной стороны основного снимка накол обводится карандашом окружностью с диаметром 2 – 3 мм. Рядом подписывается номер опорной точки, соответствующий номеру снимка. Если на снимке оформлено две и более опорных точек, то к номеру снимка соответственно добавляются А, Б и т. д. Здесь же рисуется карандашом абрис опорной точки в квадрате со стороной около 4 см, а также дается описание опорной точки по фотоизображению, ставится подпись исполнителя и дата опознавания (рис. 6.3). Абрис рисуется по смежному снимку. Этот абрис нужен для того, чтобы в камеральных условиях фотограмметрист смог безошибочно и без затруднений наколоть на аэронегативе или аэроснимке именно ту точку, которую привязал в поле геодезист. Кроме того, абрис нужен для последующего контроля правильности опознавания. Поэтому на абрисе нужна зарисовка не всей местности, а только ближайших к опорной точке деталей, помогающих опознать на аэронегативе точку, привязанную в поле. Зарисовку производят простым карандашом в тех же светотенях, в каких получилось фотоизображение, обращая особое внимание на детали, непосредственно окружающие опознанную точку.

Рядом с абрисом указывают стрелкой направление на север и пишут краткое пояснение с указанием, какая именно точка местности привязана, какая была точность опознавания на местности и накола на аэроснимке, дату привязки и фамилию исполнителя. Замечания о точности нужны для камеральных работ, при которых важно знать степень доверия к различным опорным точкам. Зарисовку абриса ведут с аэроснимка, но при этом контролируют рисунок путем сличения его с натурой.

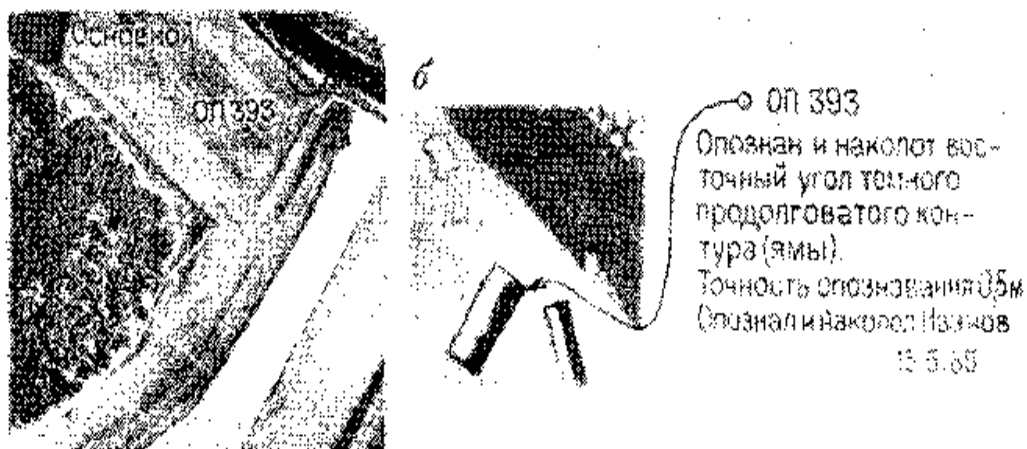


Рис. 5.3 Оформление опорной точки на снимке

На лицевой стороне основного снимка пишется слово «основной», накол опорной точки обводится двумя концентрическими окружностями диаметром 8 и 10 мм красной тушью и подписывается номер опорной точки. При этом под ножку кронциркуля подкладывается резинка, закрывающая накол. На смежных снимках точка не накалывается, а зона размещения ее обводится окружностью красной тушью диаметром 10 мм и подписывается номер.

При изготовлении фотопланов с большими коэффициентами увеличения фотоизображения, целесообразно заменить опознаваемые естественные элементы ситуации специально заложенными и замаркированными (до выполнения аэрофотосъемки) опознавательными знаками (опознаками).

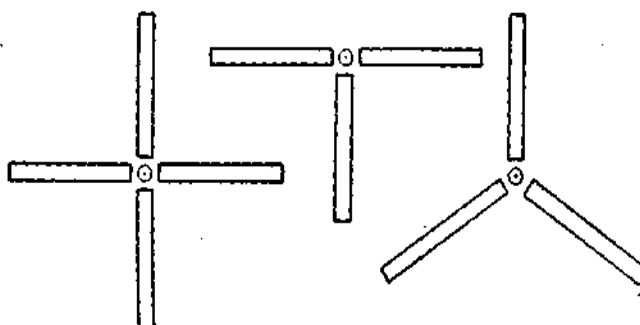


Рис. 5.4 Маркировка опознаков

Их размещают приблизительно в углах рабочей площади аэронегатива.

Одновременно их маркируют, т. е. устраивают вокруг точки полосы, образующие одну из форм, показанных на рис. 5.4. Длина каждой полосы должна быть такой, чтобы в заданном масштабе фотоплана она оказалась не короче 1 мм, а ширина для масштабов 1:2000 – 1:5000 должна быть на местности 0,3 – 0,5 м и для масштабов 1:10 000 и 1:25 000 не менее 1 м. По цвету полосы должны фотографически контрастировать с фоном, например, белые полосы на зеленом выгоне или черные полосы на белом песке и т. п.

По структуре они могут представлять либо полосы земли со снятым дерном и засыпкой опилками, белым песком, известью и т. п., либо канавки также с контрастирующей засыпкой, либо настилы из стволов молодой березы или ошкуренных других пород и т. п. Во всех случаях опознаки должны быть расположены так, чтобы они не могли оказаться закрытыми тенью или проекцией смежных высоких объектов (зданий, деревьев, обрывов и т. п.). Прочность маркировки должна обеспечить хорошее состояние опознаков до момента аэрофотосъемки. Возможны различные варианты маркировки в зависимости от местных условий.

После опознавания, закрепления и геодезических измерений для каждой опорной точки на отдельном чертеже составляется, схема геодезического определения.

5.1.4 Способы планово-высотной привязки снимков

Плановые координаты опорных точек определяют геодезическими методами – прямыми, обратными и комбинированными засечками или проложением теодолитных ходов, либо по результатам GPS-измерений. Высоты опорных пунктов определяют проложением, в зависимости от требуемой точности, ходов геометрического или тригонометрического нивелирования.

Плановая привязка снимков в закрытой местности выполняется теодолитными ходами, образующими системы замкнутых полигонов или ходов с узловыми точками, а в открытой – с помощью прямых, обратных и комбинированных засечек. Для выбора метода привязки тщательно изучаются топографические карты, по которым устанавливается возможность видимости с опорных точек на пункты триангуляции и способы обхода местных препятствий.

1. *Привязка аэроснимков обратной засечкой.* Обратная засечка наиболее применима в открытой и частично в закрытой, но всхолмленной местности, когда теодолит можно установить непосредственно на определяемой опорной точке или вблизи нее с передачей координат на точку полярным способом. Обратную засечку применяют при условии решения ее не менее чем по четырем пунктам главной геодезической основы и точкам съёмочного обоснования. Расстояние от определяемой точки до исходных пунктов не должно превышать 8 км при условии измерения углов двумя полными круговыми приемами 30" теодолитом. В случае большей удаленности пунктов необходимо повышать точность измерений углов путем применения способа повторений или замены 30" теодолита более точным инструментом (малым или средним оптическим теодолитом).

Способ обратных засечек самый производительный и экономичный, но он требует тщательного соблюдения всех технических условий, особенно в отношении правильного взаимного расположения точек, размеров углов и величины расстояний до пунктов основы.

2. *Привязка аэроснимков полярным способом.* Этот способ применяют в тех случаях, когда опорная точка *N* расположена вблизи пункта *A* главной геодезической основы или когда можно определить прямой или обратной засечкой недалеко от опорной точки произвольно выбранную вспомогательную точку (рис.6.5). При этом способе привязки аэроснимков также необходимо предварительно восстановить наружные знаки пунктов геодезической основы, включенных в проект привязки. Углы на вспомогательной точке изменяют так же, как при привязке аэроснимков обратной засечкой, но тремя приемами. Обязательное условие – измерение двух примычных углов. Длины линий измеряют дважды.

3. *Привязка аэроснимков прямой засечкой.* Прямая аналитическая засечка применима в открытой и полузакрытой, а также в частично закрытой, но гористой местности. Прямая засечка допускается при

условии осуществления ее не менее как с трех пунктов L, B, C геодезической основы (рис. 6.5), причем углы, составляемые смежными направлениями, должны быть не менее 30^0 и не более 150^0 .

Расстояние от пунктов основы до определяемой точки N не должно быть более 8 – 10 км для масштаба 1:10 000 и 12 – 15 км для масштаба 1:25000 при условии измерения углов $30''$ теодолитом. При более значительных расстояниях надо соответственно повышать точность измерений углов.

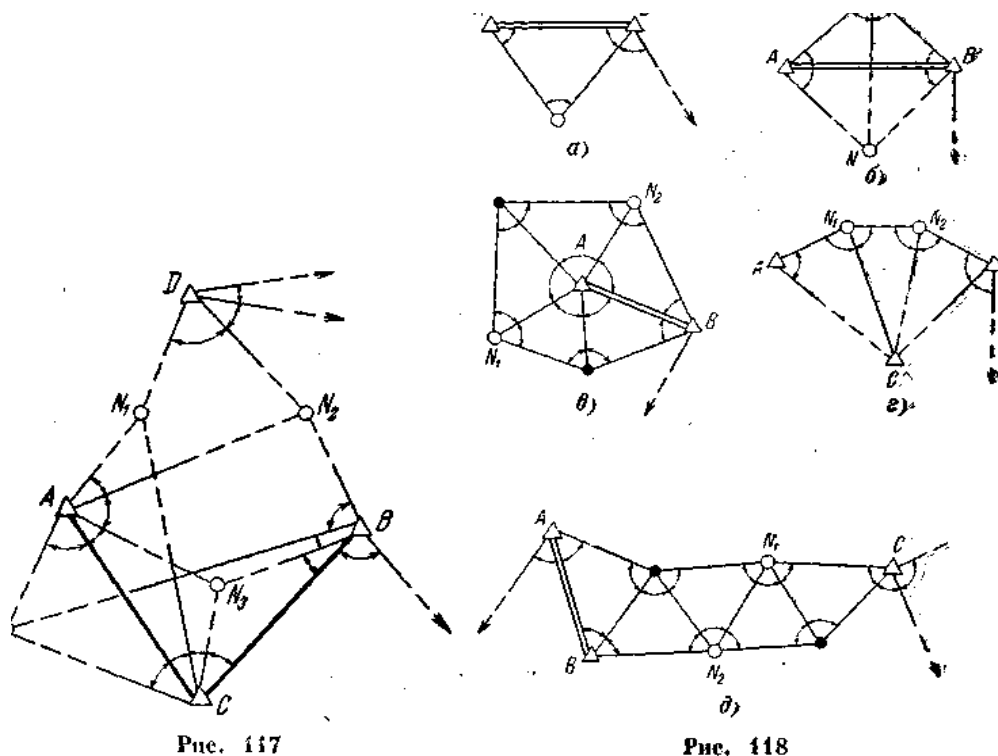


Рис. 117

Рис. 118

Рис. 5.5 Схемы привязки

Способ прямых засечек уступает по производительности способу обратных засечек, но его применение менее зависит от местных условий. Он также обладает важным положительным свойством независимости, определения координат одной опорной точки от другой.

4. *Привязка аэроснимков триангуляционными построениями.* Различные варианты триангуляционных построений применяют преимущественно в полузакрытой, а иногда и в закрытой, но всхолмленной местности. При этом способе обычно часть точек являются опорными, а часть – вспомогательными, необходимым для связи фигур или для определения с них опорных точек.

5. *Привязка аэроснимков теодолитным ходом.* Для привязки аэроснимков в закрытой, а частично и в полузакрытой местности целесообразно применять полигонометрические способы, особенно при

отсутствии на местности наружных знаков триангуляции. Самый распространенный из этих способов – проложение теодолитного хода. При составлении проектов проложения теодолитных ходов особенно важно широко использовать аэроснимки и репродукции накидного монтажа для выбора трассы хода и даже положения будущих станций. Последние намечают так, чтобы как можно большее количество станций располагалось на опознаваемых точках местности, но без излишней затраты сил и средств. Выполнение этого условия дает дополнительные опорные точки и позволяет легко обнаруживать грубые промахи в ходе путем контрольных измерений по аэроснимкам линий хода.

Длина теодолитного хода и техника его выполнения должны быть такими, чтобы ошибка координат любой точки хода не превышала 0,2 мм в заданном масштабе фотоплана.

В случае необходимости определения высот опорных точек и использования материалов аэрофотосъемки для рисовки рельефа измеряют и вертикальные углы для передачи высот по ходу.

В настоящее время геодезическое определение координат и высот опорных точек выполняют преимущественно на основе GPS-измерений, и их объем перестал быть определяющим. Поэтому опорные точки размещают в 2–4 раза гуще расчетного, что в итоге приводит к тому, что точность фотограмметрического сгущения оказывается сопоставимой с точностью полевых геодезических работ.