



Лекция 3 ПРОИЗВОДСТВО АЭРОФОТОСЪЕМКИ

**Вопросы: 3.1 Аэрофотосъемка. Носители
съемочной аппаратуры.**

**3.2 Технические требования к
топографической аэрофотосъемке: высота
фотографирования, продольное и поперечное перекрытие снимков,
рабочая площадь снимка.**

3.3 Составление проекта летно-съемочных работ.

3.4 Аэрофотосъемочные работы.

**3.5 Оценка фотограмметрического и фотографического качества
материалов аэрофотосъемки.**

**3.6 Применение систем глобального позиционирования при
аэрофотосъемке.**

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.

Вопрос 3.1 Аэрофотосъемка. Носители съемочной аппаратуры

Аэрофотосъемка состоит из комплекса работ, включающего: подготовку, аэрофотографирование, первичную фотолабораторную и фотограмметрическую обработку материалов.

К носителям аэрофотосъёмочной аппаратуры предъявляется ряд технических требований общего и специального характера. Общетеchnические требования определяют условия размещения аппаратуры, максимальную высоту полета (потолок), рабочую скорость, дальность и длительность полета, устойчивость во время съёмки, наличие вибрации при работе винтомоторной группы и т.п. Специальные требования вытекают из условий эффективной эксплуатации носителя, простоты его оборудования (или переоборудования для целей аэрофотосъёмки), а также условия эксплуатации в соответствующих физико-географических условиях.

Все это делает пригодными для аэрофотосъёмки ряд самолетов, а для съёмки малых участков – и вертолетов, мини-самолетов, подвесных аэростатов, радиоуправляемых авиамodelей и даже мотодельтопланов.

Вопрос 3.2 Технические требования к топографической аэрофотосъемке

При топографической аэрофотосъёмке должен быть выполнен ряд требований, соблюдение которых обеспечивает последующую фотограмметрическую обработку аэрофотоснимков. Контроль за

соблюдением этих требований производится как в процессе аэрофотосъёмки, так и по завершению, при оценке качества полученных материалов.

Высота фотографирования – это расстояние, измеряемое по отвесной линии от узловой точки объектива, установленного на самолете аэрофотоаппарата до некоторой поверхности. В зависимости от выбора этой поверхности различают:

- абсолютную высоту фотографирования H_0 над уровнем моря (плоскость А);
- относительную высоту фотографирования H_a над аэродромом (плоскость В);
- высоту фотографирования H над средней плоскостью съёмочного участка (С);
- истинную высоту фотографирования H_i над какой-либо точкой местности (Д).

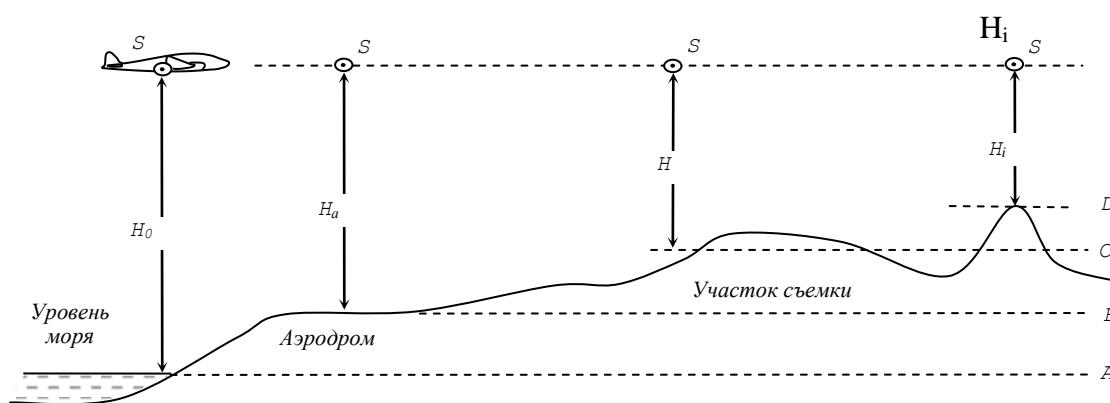


Рис.3.1 Высоты фотографирования

Высота фотографирования над средней плоскостью съёмочного участка определяется в период предполетной подготовки в зависимости от параметров аэрофотосъёмки (f , m) и масштаба плана (M):

$$H = mf = K_t Mf, \quad (3.1)$$

где коэффициент увеличения снимка

$$K_t = m / M. \quad (3.2)$$

При аэрофотосъёмке равнинных районов реальная высота фотографирования может отличаться от расчетной не более, чем на 3%. Фактическую высоту фотографирования определяют по показаниям радиовысотомера.

Перекрытие аэроснимков. При маршрутной и многомаршрутной аэрофотосъёмке фотографируется часть территории, заснятая на предыдущем, т.е. смежные снимки перекрываются между собой. Перекрытия аэроснимков, выражаемые в процентах от размера аэронегатива, обеспечивают возможность фотограмметрической обработки аэроснимков и требование их соответствия расчетным является одним из основных.

Продольным перекрытием P_x называется перекрытие смежных снимков в направлении полета летательного аппарата. Оно рассчитывается по формуле

$$P_x = \frac{l_x}{l} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

Где l – размер снимка по направлению полета;

l_x – размер перекрытой части снимка в том же направлении.

Продольное перекрытие снимков зависит от превышения h точек местности над средней плоскостью съёмочного участка и высоты фотографирования.

В среднем оно должно быть 60%, при минимальном 56%, что обеспечивает наличие 12-ти процентной зоны тройного продольного перекрытия.

Поперечное перекрытие. При выполнении аэрофотосъёмки расстояние между смежными маршрутами B_y устанавливают такое, которое обеспечивает задаваемое поперечное перекрытие.

Поперечным называется перекрытие снимков двух смежных маршрутов – P_y . Оно обычно задается равным 40% и используется для размещения в нем опорных точек и точек связи смежных маршрутов.

В общем случае поперечное перекрытие определяется по формуле:

$$P_y = \frac{l_y}{l} 100\%; \quad (3.4)$$

Где l_y – размер перекрывающейся части снимков в двух смежных маршрутах;
 l – размер снимка.

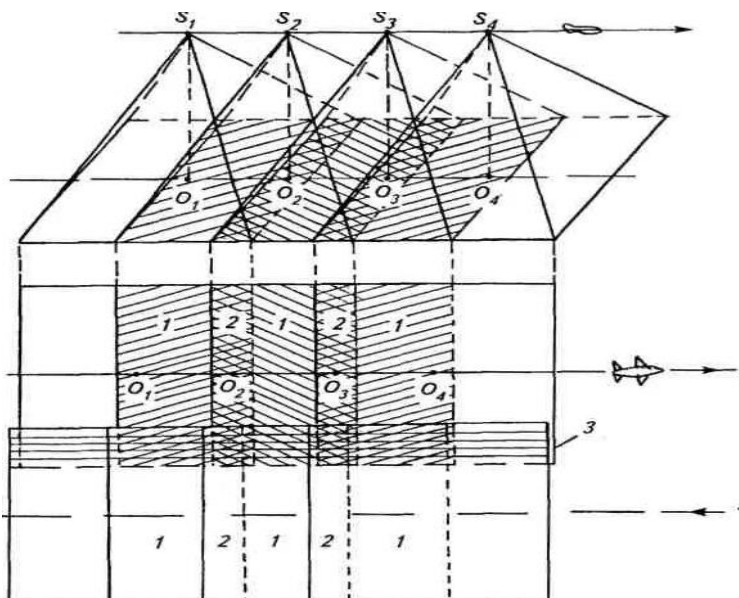


Рис. 3.2. Продольное перекрытие АФС: 1 – двойное продольное перекрытие; 2 – тройное продольное перекрытие

Наличие продольного и поперечного перекрытий обуславливает целесообразность практического использования не всей площади, а только его центральной части, в которой величины искажений положения точек под

влиянием факторов физического и геометрического характера заметно меньше, чем по краям. Эта часть аэроснимка, ограниченная средними линиями продольного и поперечного перекрытий называется *рабочей площадью*.

Размеры сторон рабочей площади по оси абсцисс и ординат определяются по формулам:

$$b_x = l(100 - P_x)/100, \quad (3.5)$$

по оси ординат

$$b_y = l(100 - P_y)/100. \quad (3.6)$$

Такая рабочая площадь используется при теоретических расчетах и выводах.

Пользоваться ею при выполнении фотограмметрических работ неудобно, так как трудно обеспечить идентичность границ на смежных снимках.

Для этих целей на снимках намечается практическая рабочая площадь, под которой понимается площадь, ограниченная линиями, соединяющими четкие контурные точки, хорошо опознаваемые на всех перекрывающихся снимках и выбираемые вблизи углов теоретической рабочей площади снимка.

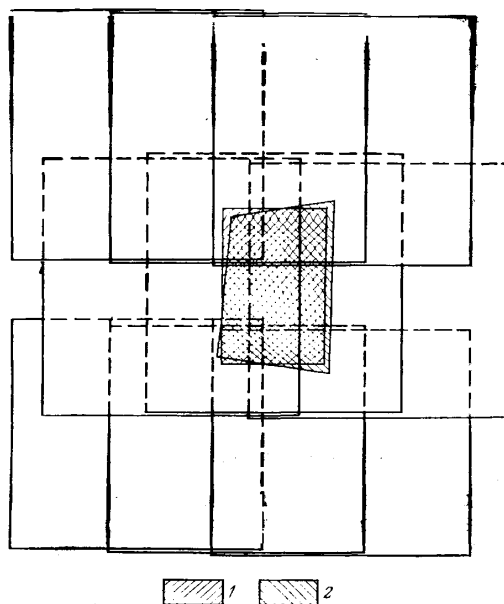


Рис. 3.3. Рабочая площадь АФС

Прямолинейность маршрутов характеризуется отношением стрелы прогиба l (максимального удаления центра какого-либо снимка маршрута от линии, соединяющей первый и последний снимки маршрута) к длине маршрута L . Для этого на накладном монтаже соединяют прямой линией главные точки крайних аэроснимков маршрута и измеряют расстояние L между этими точками.

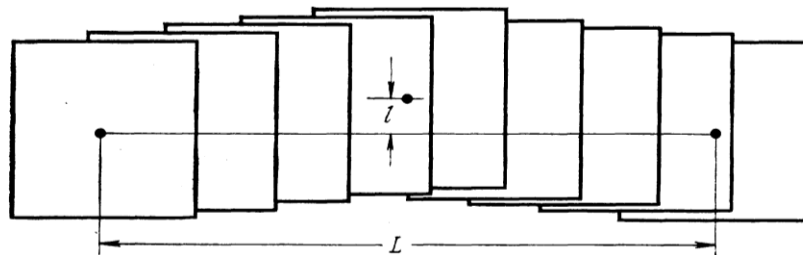


Рис. 3.4. Определение прямолинейности маршрута

Затем измеряют наибольшее уклонение l от оси маршрута главной точки одного из аэроснимков, расположенных внутри маршрута. Уклонение определяют по формуле

$$n = \frac{l}{L} 100\% \quad (3.7)$$

Величина уклонения не должна превышать 3%.

Непараллельность стороны аэроснимка (базиса фотографирования) направлению полета затрудняет фотограмметрическую обработку снимков и не должна превышать 5 – 10% (в зависимости от фокусного расстояния съёмочной камеры и высоты фотографирования).

Непараллельность базиса фотографирования стороне снимка (елочка) определяется на накладном монтаже путем измерения при помощи транспортира углов ε , составленных продольными сторонами снимков с линиями, соединяющими их центры. Углы измеряют в трех местах только тех маршрутов, где глазомерно наблюдается «елочка». Максимальные углы непараллельности базиса фотографирования стороне снимка не должны превышать 5, 7, 10° при фактическом расстоянии АФА 100, 140, 200 мм.

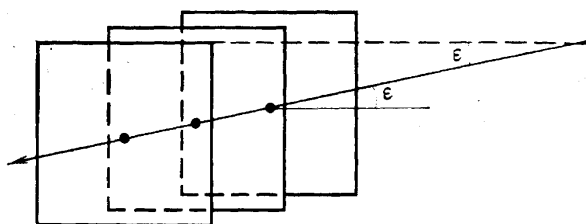


Рис. 3.5. Определение непараллельности базиса фотографирования

Угол наклона. Действующие нормативные документы, регламентирующие аэрофотосъёмочные работы, устанавливают критерии по величине угла наклона, которая не должна превышать 1° при аэрофотосъёмке с использованием средств стабилизации аэрофотоаппарата и 3° без них. Причем число снимков с максимальным углом наклона не должно превышать 10% от их общего числа.

Вопрос 3.3 Составление проекта летно-съёмочных работ

Летно-съёмочным работам предшествует расчет параметров аэрофотосъёмки, к числу которых относят площадь участка, высоту фотографирования, расстояния между центрами фотографирования (базис) и смежными маршрутами, интервал между экспозициями и др.

Прежде всего, исходя из назначения материалов аэрофотосъёмки, имеющегося оборудования, принятой технологии и пр., устанавливают масштаб создаваемого плана 1:М, аэрофотосъёмки 1:m, фокусное расстояние съёмочной камеры f , ее тип и формат кадра l . Все эти данные отражаются в техническом проекте на производство работ.

Высоту фотографирования H над средней плоскостью участка съёмки определяют по формуле

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} \quad (3.8)$$

по фокусному расстоянию и масштабу аэрофотосъёмки. Одновременно по топографической карте определяют максимальную (A_{max}), минимальную (A_{min}) отметки точек на участке работ (без учета отдельных вершин) и вычисляют абсолютную высоту фотографирования (высоту полета самолета) над уровнем моря:

$$H_{abs} = A_{cp.пл.} + H, \quad (3.9)$$

где отметка средней плоскости

$$A_{cp.пл.} = 0,5(A_{max} + A_{min}). \quad (3.10)$$

Расчетные перекрытия p и q смежных снимков, выражаемые в процентах от их размера, всегда задаются по отношению к средней плоскости съёмочного участка. Однако их фактические значения не должны быть меньше минимально допустимых и для других плоскостей, встречающихся на съёмочном участке (рис. 3.6, $P_1 < p$).

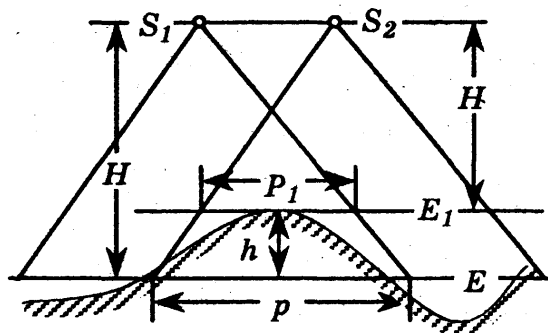


Рис. 3.6. Влияние рельефа местности на величину перекрытия

В связи с этим расчет продольного (p) и поперечного (q) перекрытий выполняют по эмпирическим формулам, учитывающим поправки к их оптимальным значениям (62% и 32%), зависящие от величины превышения h

над средней плоскостью съёмочного участка и высоты H фотографирования над ней:

$$\rho = \left(62 + 50 \frac{h}{H} \right) \%, \quad q = \left(32 + 50 \frac{h}{H} \right) \% \quad (3.11)$$

Базис фотографирования B_x (расстояние между центрами фотографирования) и расстояние между маршрутами B_y зависят от размера кадра фотокамеры l , величин продольного ρ , поперечного q перекрытий и знаменателя масштаба аэрофотосъёмки m :

$$B_x = l \left(l - \frac{\rho}{100} \right) m, \quad B_y = l \left(l - \frac{q}{100} \right) m, \quad (3.12)$$

Интервал между экспозициями определяет продолжительность полета самолета со скоростью W (км/час) между двумя последовательными экспозициями, т.е. время, в течение которого самолет преодолет расстояние B_x :

$$t'' = \frac{B_x}{W}, \quad (3.13)$$

Минимальную выдержку определяют, исходя из того, что за время экспонирования t^S самолет, двигаясь со скоростью W , пролетает расстояние $W t^S$. Так как в течение времени t^S объектив фотокамеры открыт, то изображение на аэроснимке окажется смазанным, причем величина смаза в масштабе аэроснимка составит $W t^S / m$. Отсюда минимальное время экспонирования t^S , при котором величина смаза изображения не превысит δ мм в масштабе создаваемого плана. Переходя от масштаба снимка к масштабу плана в соответствии с формулой $K_t = m/M$, потребуем, чтобы величина смаза не превышала значения $\delta_{пред}$:

$$t^S \leq \frac{\delta_{пред} m}{W K_t}. \quad (3.14)$$

Современная технология аэрофотосъёмки предусматривает применение специального компенсатора сдвига изображения, что делает расчет минимальной выдержки неактуальным.

Число аэроснимков на участке определяют по простым формулам, связывающим размеры участка (L_x, L_y), базис фотографирования (B_x) и расстояние между маршрутами (B_y), причем, для обеспечения сводок со смежными участками число маршрутов на участке и число снимков в маршруте увеличивают на 1 и на 3 соответственно

$$K_c = \left(\frac{L_x}{B_y} + 1 \right) \times \left(\frac{L_y}{B_x} + 3 \right). \quad (3.15)$$

По завершению расчетов готовят полетную карту, масштаб которой в 10 – 20 раз мельче масштаба создаваемого плана. На эту карту наносят границы съёмочного участка, оси маршрутов и ориентиры в начале и конце каждого из них.

Подготовительные работы завершаются установкой, проверкой основного и вспомогательного оборудования, подбором светофильтров и определением выдержки при фотосъёмке. Важным их элементом является установка GPS-оборудования и определение положения антенны приемки относительно узловой точки объектива аэрокамеры.

При выполнении аэрофотосъёмки с запада на восток и с востока на запад, первый аэросъёмочный маршрут прокладывают по северной границе съёмочного участка, последний – по южной, а оси маршрутов продолжают за границы участка на полтора-два базиса, что обеспечивает последующую сводку результатов фотограмметрической обработки по границам съёмочных участков.

Непосредственно аэрофотосъёмка выполняется в соответствии с подготовленными расчетами и техническими условиями.

Во время полета к съёмочному участку самолет набирает нужную высоту полета, по намеченным на полетной карте ориентирам выполняет заход в створ первого маршрута, после чего оператор включают аэрофотоаппарат за полтора-два базиса фотографирования до границы съёмки. С этого момента аэрофотоаппарат выполняет все операции автоматически, в том числе соблюдение заданной величины продольного перекрытия. Заметим, что оборудование самолета АН-30 и некоторых других позволяет автоматизировать как полет по маршруту, так и заход на следующий маршрут.

В момент срабатывания затвора съёмочной камеры, показания всех приборов и датчиков, определяющих положение гиростабилизирующей платформы на определенные моменты времени, заносятся на магнитный носитель для последующего использования при расшифровке данных GPS-измерений. В конце маршрута на границе съёмки с запасом полтора-два базиса аэрофотоаппарат отключают и выполняют заход на очередной маршрут по ориентирам полетной карты. Так что если какой-то маршрут направлен, например, с запада на восток, то следующий за ним – с востока на запад, и это обстоятельство учитывают при фотограмметрической обработке снимков.

По завершению аэрофотосъёмочных работ выполняют фотолабораторную обработку материалов съёмки, их регистрацию, изготовление репродукций накидного монтажа и оценку качества лётно-съёмочных работ по фотографическим, фотометрическим и фотограмметрическим показателям, а также расшифровку данных GPS-оборудования, вычисление координат центров фотографирования и др.