



Лекция №11

# **ТЕХНОЛОГИИ ФОТОТОПОГРАФИЧЕСКИХ СЪЕМОК**

# ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

- Из представленных на рисунке технологий НФС применяется только в горной местности. Ее имеет смысл применять при маркшейдерском обслуживании открытых горных работ, если экономически невыгодна или невозможна аэрофототопографическая съемка.
- Комбинированную АФС применяют, при возникновении проблем с отображением по фотоснимкам рельефа местности, например, в случаях, когда местность равнинная, или она закрыта, а также, если повышены требования к точности отображения рельефа. Комбинированную АФС по возможности пытаются избегать из-за большого объема полевых работ, а значит высокой их стоимости и низкой производительности.
- Стереотопографический метод АФС является основным, и его не применяют только по причинам, которые были обозначены выше. Таким образом, есть веские основания начать изучение АФС с рассмотрения технологии стереофототопографической съемки.

## СТЕРЕОТОПОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД АФС

- Сущность метода заключается в том, что в камеральных условиях по фотоснимкам получают и контурную часть плана, и изображение рельефа. Полевые работы необходимы только для определения плановых координат (высот) опознаков и дешифрирования снимков.
- Теоретической основой метода является решение двойной обратной пространственной фотограмметрической засечки. Но характер и последовательность выполнения основных процессов зависит в основном от двух факторов: применяемого для обработки снимков оборудования, и необходимости составления фотоплана (ортофотоплана).

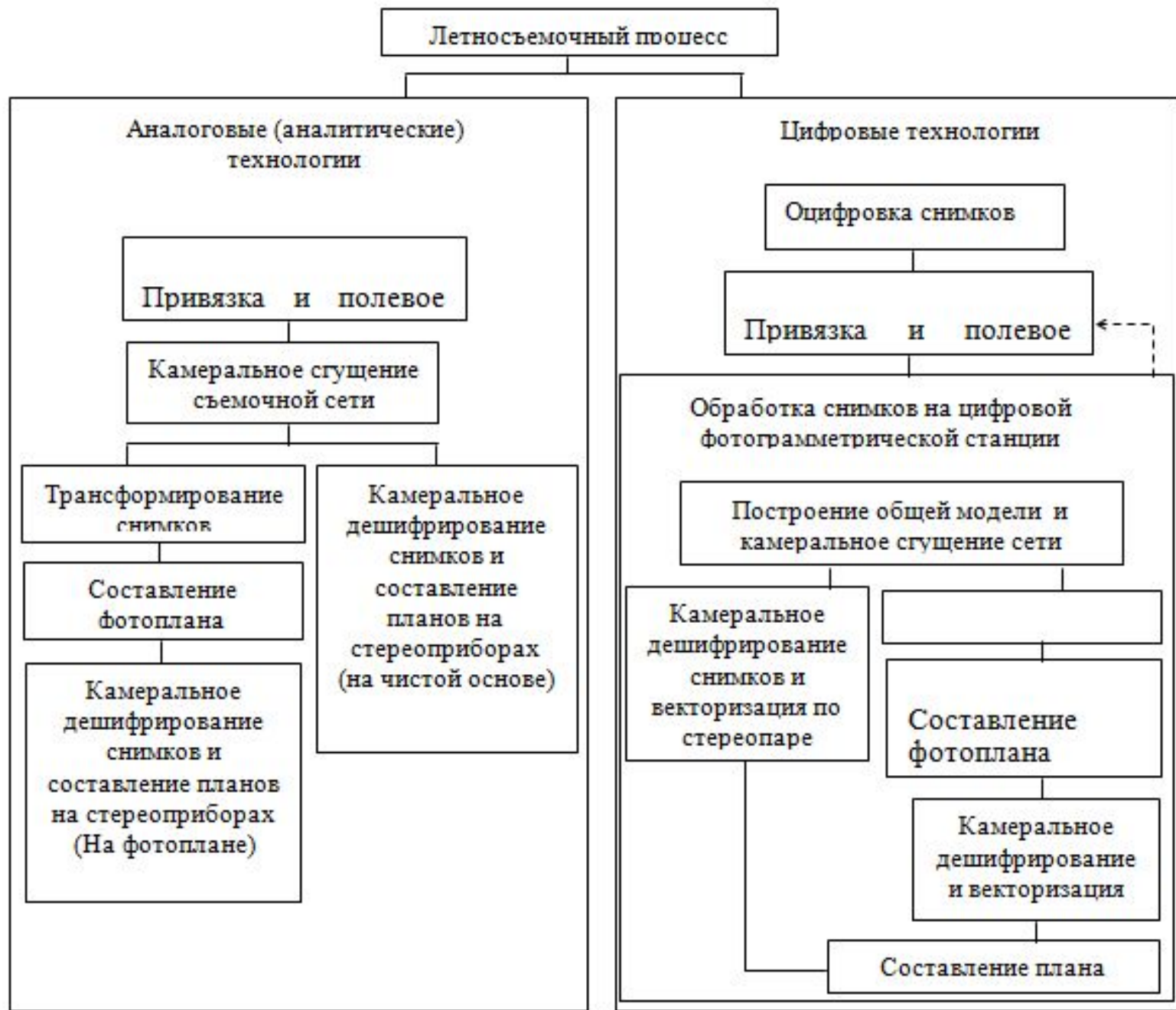


Рис.64 Основные процессы стереотопографической АФС

# ЛЕТНОСЪЕМОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

Целью лётно-съёмочных работ является получение аэрофотоснимков местности определенного качества. Аэрофотосъёмка для картографических целей производится АФА, как правило, с пилотируемых самолётов, пролетающих над местностью по заранее намеченным на карте маршрутам (маршрут - ряд перекрывающихся снимков одного направления). Прокладывают их так, чтобы снимки без разрывов покрывали всю картографируемую территорию. Для этого планируют и поперечные перекрытия  $Q$  между снимками смежных маршрутов. Для того чтобы получить снимки заданного качества, перед фотографированием местности выполняют расчет параметров аэрофотосъёмки и составляют полетную карту на топографической основе, как правило, более мелкого масштаба, чем масштаб аэрофотосъёмки.

# ЛЕТНОСЪЕМОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

- Для расчета необходимо знать размеры съёмочного участка, масштаб составляемого плана, фокусное расстояние аэрофотоаппарата, масштаб фотографирования и характеристику местности (в частности, его рельефа).
- Съёмочный участок наносят на полетную карту. Обычно его границами служат рамки трапеций. При съёмках с целью создания карт и планов в масштабах 1:25 000, 1:10 000, 1:5 000, 1:2 000 минимальный размер съёмочного участка ограничивается рамками трапеций в масштабе на один ряд более мелком, чем масштаб фотографирования. Например, при съёмке с целью создания карты в масштабе 1:25 000 минимальный съёмочный участок ограничивается рамками трапеции масштаба 1:50 000. Если создаются топографические планы в масштабах 1:1 000 и 1:500, площадь съёмочного участка не должна быть менее 1 км<sup>2</sup>.

# ЛЕТНОСЪЕМОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

- Масштаб фотографирования зависит от масштаба составляемого плана, высоты сечения рельефа, а также от возможного соотношения между масштабами снимка и составляемого плана (то есть от характеристик используемого фотограмметрического оборудования). В инструкции по АФС приведены соответствующие рекомендации. В цифровой фотограмметрии, где пределов на увеличение практически нет, указанное выше соотношение не следует выбирать более 10 (имея в виду, предельную графическую точность, равную 0.1 мм, и точность измерения снимков на мониторе компьютера не выше 0.01 мм).
- После выбора  $m$  и  $f$  рассчитывают высоту фотографирования  $H$  над средней плоскостью съёмочного участка  $H = mf$ .

# ЛЕТНОСЪЕМОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

Величины продольного  $P$  и поперечного  $Q$  перекрытий регламентированы основными положениями [7], но в любом случае для обработки стереопар  $P$  не должно быть меньше 50 %. Поперечные перекрытия  $Q$  ограничивают 20-40 %.

Значения  $P$  (заданное) и  $Q$  (расчетное) регламентируют длину базиса фотографирования  $B$  и расстояние между осями смежных маршрутов  $D$ . Они вычисляются по формулам:

$$B = \frac{100 - P}{100} l_x m, \quad D = \frac{100 - Q}{100} l_y m, \quad (145)$$

где  $l_x$  и  $l_y$  – длины сторон снимка, расположенные соответственно вдоль и поперёк маршрута.



# ЛЕТНОСЪЕМОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

Протяжённости съёмочного участка по направлению полёта  $L_x$  и в поперечном направлении  $L_y$  измеряются по карте. Имея значения  $L_x$  и  $L_y$ , можно установить число маршрутов  $N$  и число снимков  $n$  в каждом маршруте.

$$N = \frac{L_y}{D} + 1, \quad n = \frac{L_x}{B} + 2. \quad (146)$$

Два снимка и один маршрут добавляют для обеспечения границ съёмочного участка, а каждую из дробей при вычислении округляют в сторону большего целого числа. Общее число снимков  $k = Nn$ .

Чтобы выполнить съёмку с заданным продольным перекрытием, рассчитывается интервал  $\tau$  между экспозициями в секундах, по формуле:

$$\tau = 3600 \frac{B}{W}, \quad (147)$$

где  $B$  – базис фотографирования в км, а  $W$  – путевая скорость самолета в км/час.

# ЛЕТНОСЪЕМОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

Поскольку самолет в момент экспозиции летит, точки на снимке изображаются отрезками (изображение смазывается). В соответствии с основными положениями [7] допустимая величина  $\delta$  «смаза» равна 0.05 мм. Добиваются удовлетворения этого требования либо применением в АФА компенсатора сдвига изображения, либо расчетом предельно допустимой экспозиции  $t$  по формуле:

$$t = \frac{\delta H}{fW}. \quad (148)$$

Используя результаты выше приведенных расчетов, для каждого съёмочного участка на полетную карту наносят оси маршрутов. На каждом маршруте выбирают ориентиры и указывают их магнитные путевые углы.

## Трансформирование снимков и составление фотоплана

- Фотоплан (ортофотоплан) это фотографическое изображение местности составленное из трансформированных снимков (ортофотоснимков) одного масштаба. Как правило, их составляют на полную трапецию, и выполняют зарамочное оформление, как у плана. По точности они должны соответствовать плану. Фотографическое изображение местности, составленное из плановых снимков, называется фотосхемой. Их точность ниже точности фотопланов, поэтому они используются для приближенных количественных оценок в лесоустройстве, землеустройстве и т.д. Фотосхемы бывают одномаршрутные и многомаршрутные.
- Трансформирование снимка в широком смысле это целенаправленное изменение его геометрических свойств с целью преобразования в заданную проекцию. Каждое преобразование изменяет одни геометрические свойства исходного изображения и сохраняет другие. Те свойства, которые не изменяются, называются инвариантами относительно данного геометрического преобразования.

## Трансформирование снимков и составление фотоплана

- Трансформированным называется снимок, полученный путем перспективного преобразования наклонного снимка и имеющий допустимые величины смещений точек от их горизонтальной проекции. Отметим, что оно не меняет проекции. Трансформированный снимок тоже построен по законам центральной проекции.
- Поэтому искажения за рельеф остаются. Доводят их до допустимых значений путем соответствующего выбора плоскости трансформирования, относительно которой превышения точек местности не превосходят установленных значений. Если же местность холмистая, снимок трансформируют по частям (зонам), выбирая для каждой зоны свою плоскость трансформирования.
- При числе зон больше 3 возникают трудности в процессе составления фотоплана, поэтому вместо перспективного трансформирования применяют ортофототрансформирование.

## Трансформирование снимков и составление фотоплана

- Ортофотоснимок построен в ортогональной проекции, то есть при ортофототрансформировании происходит переход от центральной проекции исходного снимка к ортогональной проекции снимка, полученного после трансформирования. Искажений за рельеф у таких снимков нет. Но выполнить ортофототрансформирование можно только после построения геометрической модели местности по паре снимков. Поэтому оно будет рассмотрено позже.

## Перспективное трансформирование

- Перспективное трансформирование может быть выполнено различными способами: графическим, оптико-графическим, фотомеханическим, аналитическим и т.д. В фотограмметрии наибольшее применение получили два последних.
- Теоретическим обоснованием *аналитического способа* являются формулы трансформирования (40). Для вычисления по ним необходимо выполнить измерения координат  $x$  и  $y$  точек, трансформированные координаты которых требуется получить, и знать элементы внешнего ориентирования наклонного снимка. Точное их значение обычно неизвестно, поэтому трансформируют по опорным точкам (опознакам). Для определения минимального числа опознаков, воспользуемся уравнениями коллинеарности (30). При этом примем координаты центра проекции равными нулю и разделим числители и знаменатели правых частей на  $-c_z f$ , в результате получим:

## Перспективное трансформирование

$$X = \frac{A_1(x - x_0) + A_2(y - y_0) + A_3f}{C_1(x - x_0) - C_2(y - y_0) + 1},$$
$$Y = \frac{B_1(x - x_0) - B_2(y - y_0) + B_3f}{C_1(x - x_0) - C_2(y - y_0) + 1},$$

где, например,  $A_1 = Ha_1/c_3f$ ,  $B_1 = Hb_1/c_3f$ , и т.д.

Если координаты опознаков, координаты их изображений на снимке и элементы внутреннего ориентирования снимка известны, то неизвестными в уравнениях являются восемь коэффициентов. Они однозначно определяют перспективную зависимость между наклонным и горизонтальным снимками. Эти коэффициенты называют элементами трансформирования. Поскольку один опознак позволяет составить два уравнения, то для определения коэффициентов их нужно как минимум 4.