

## Лекция 8

Физические источники ошибок аэрофотоснимка.

### **Трансформирование аэрофотоснимков.**

Цель и способы трансформирования аэрофотоснимков. Геометрические и оптические условия фототрансформирования.

# ФИЗИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ОШИБОК СНИМКА

Погрешности снимка условно можно разделить на две группы: первая вызывает смещение изображений точек от центральной проекции, вторая - приводит к снижению качества снимков, и, следовательно, к ухудшению их измерительных свойств.

К группе источников ошибок, вызывающих искажение центральной проекции, относятся атмосферная рефракция, механические и оптические недостатки камеры аэрофотоаппарата, деформация фотоплёнки, клинообразность светофильтра и др. Рассмотрим перечисленные источники ошибок более подробно.

*Атмосферная рефракция.* Искривление хода световых лучей в пространстве вследствие влияния среды переменной плотности приводит к радиальному смещению изображений точек в направлении от точки надира.

# ФИЗИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ОШИБОК СНИМКА

Смещения  $\delta r$  увеличиваются пропорционально третьей степени от  $r$ , т.е. по такому же закону, как из-за кривизны Земли, но знаки у них противоположные. Следовательно, рефракция частично компенсирует смещение, вызванное кривизной Земли.

Отклонение фактической атмосферы на момент фотографирования от стандартной, а также пренебрежение в формулах для расчета поправок за наклон снимков, рельефом местности и кривизной Земли приводят к остаточной ошибке измеренных координат точек примерно  $\pm 2$  мкм.

Турбулентность воздушных слоёв вблизи съёмочного объектива вызывает дополнительное искажение координат точек снимка. Радиальное смещение точек на краю снимка по этой причине может достигать  $\pm 5$  мкм. При наземной стереофотографической съёмке поправки за кривизну Земли и вертикальную рефракцию вводятся непосредственно в высоты точек, определенные по снимкам.

# ФИЗИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ОШИБОК СНИМКА

Условия центрального проектирования не выполняются также из-за *механических и оптических недостатков аэрокамеры*.

Для каждого снимка существуют погрешности внутреннего ориентирования: смещения снимка по координатным осям относительно центра проекции  $S$ ; ошибки фокусного расстояния  $f$ ; ошибки перпендикулярности плоскости изображения  $P$  к главному лучу камеры; ошибка вращения снимка вокруг оси камеры. В случае плановой съёмки сравнительно равнинной местности аэрокамерой, калиброванной по стандартной методике, перечисленные ошибки в основном компенсируются в процессе обработки модели. В случае перспективной аэросъёмки или плановой аэросъёмки горной местности эта компенсация возможна лишь частично.

# ФИЗИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ОШИБОК СНИМКА

*Дисторсия объектива аэрофотоаппарата* это один из основных источников погрешностей, приводящих к искажению снимка (к отклонению от центральной проекции). Обычно ее подразделяют на радиальную и тангенциальную. Они в свою очередь бывают систематическими и случайными. *Систематическая дисторсия объектива вызывает смещение  $\Delta r$*  точек относительно идеального положения по радиальным направлениям, проходящим через главную точку снимка. *Величина  $\Delta r$  постоянна для точек, расположенных на окружности радиуса  $r$ .* Случайная радиальная дисторсия может быть определена как дифференциальное смещение точки изображения, которое остаётся после устранения систематической радиальной дисторсии.

Дисторсия объектива аэрофотоаппарата устанавливается, как правило, в процессе определения элементов внутреннего ориентирования (калибровки камеры). В паспорте аэрофотоаппарата ее обычно приводят в виде табличных данных по полю снимка.

# ФИЗИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ОШИБОК СНИМКА

Современные объективы камер аэрофотоаппаратов имеют дисторсию от 5 до 60 мкм. Однако, отличие температурных и атмосферных условий в момент фотографирования от лабораторных приводит к тому, что фактическая дисторсия не соответствует той, что получена в процессе калибровки. Разработанные методы позволяют учесть влияние радиальной дисторсии с погрешностью  $\pm 2$  мкм, а тангенциальной  $\pm 5$  мкм.

*Деформация фотоплёнки.* Современные аэрофотоаппараты позволяют получать фотографическое изображение местности либо на фотоплёнке (что гораздо чаще), либо на стеклянных пластинках. Фотоплёнка, как носитель эмульсии, деформируется от времени, изменения температуры, влажности и условий фотообработки.

# ФИЗИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ОШИБОК СНИМКА

Деформацию фотоплёнки подразделяют: на равномерную, неравномерную и случайную. Равномерная деформация характеризуется смещением точек изображения, которое уменьшается или увеличивается пропорционально радиальному расстоянию  $r$  от центра снимка, т. е. приводит к изменению масштаба снимка. Этот вид деформации легко учитывается при обработке снимков. Неравномерная деформация приводит к тому, что размеры снимка вдоль фильма и в поперечном направлении изменяются на разные величины. Однако это различие, как правило, не превышает 0.3 %. Влияние неравномерной деформации на смещение точек может быть учтено только при аналитических способах обработки снимков.

Существенное значение имеют случайная деформация плёнки и погрешности её выравнивания в плоскость. Случайные деформации фотоплёнки вызывают смещение точек изображения практически в произвольном направлении. Они обусловлены эластичными свойствами фотоплёнки и могут достигать величин порядка 10-20 мкм. Эти деформации подчиняются определённым законам эластичности, которые не соответствуют закону нормального распределения.

# ФИЗИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ОШИБОК СНИМКА

Случайные ошибки *выравнивания фотоплёнки* в плоскость во время экспозиции также приводят к искажениям изображения. Сравнить это можно с изменением фокусного расстояния в точке, где произошло отклонение  $\delta$  от плоскости прикладной рамки. Поэтому величину смещения можно оценить по формуле:

$$\Delta r = \frac{r}{f} \delta$$

где  $r$  - расстояние от центра прикладной рамки.

Из формулы видно, что ошибка  $\delta$  особенно сказывается при аэрофотосъёмке короткофокусными аэрофотоаппаратами, значит при фотографировании необходимо, чтобы фотоплёнка была абсолютно плоской в момент экспозиции. Поэтому при конструировании топографических аэрофотоаппаратов большое внимание уделяется разработке механизмов выравнивания плёнки в плоскость.

