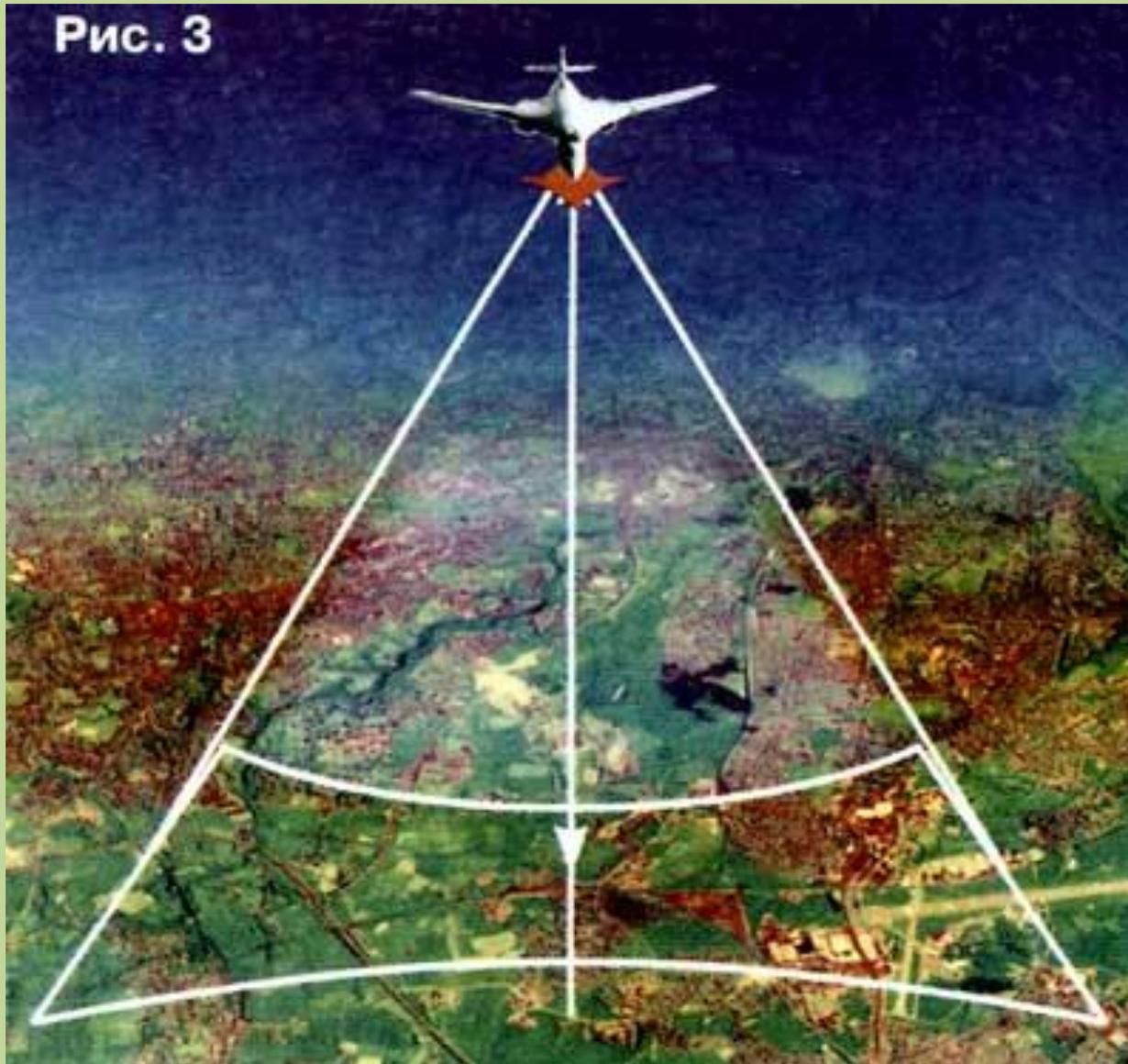


# Геометрические и физические основы фотограмметрии



# Геометрические и физические основы фотограмметрии

Для фотограмметрической съемки местности или исследуемых объектов применяются оптические системы – фотокамеры. Их очень часто называют метрическими камерами, так как по полученным с их помощью по снимкам можно определять фотокоординаты изобразившихся на них точек (предусмотрена возможность введения системы прямоугольных координат в плоскости снимка). При этом искажение изображения на снимке сведено к минимуму. Обычные любительские фотоаппараты такими свойствами не обладают, так как для них главное - художественное качество полученных при фотографировании изображений.

Фотокамеры, используемые для фотографирования местности с летательного аппарата, называются аэрофотоаппаратами (или АФА) а, для фотографирования ее с точек земной поверхности - фототеодолитами.

# Геометрические и физические основы фотограмметрии

Изображение в фотокамере строится на плоскости (пленке или пластинке со светочувствительным слоем, или ПЗС матрице) с помощью объектива, представляющего собой сложную оптическую систему собирательных и рассеивающих линз, центры кривизны сферических поверхностей которых расположены на одной прямой линии, называемой *главной оптической осью*.

Особенности построения изображения объекта идеальным объективом основаны на следующих законах геометрической оптики:

- прямолинейности распространения световых лучей в однородной среде;
- независимости распространения отдельных световых лучей и пучков;
- обратимости лучей света;
- отражении и преломлении световых лучей на границе двух сред.

# Геометрические и физические основы фотограмметрии

Законы геометрической оптики позволяют сложную оптическую систему идеального объектива заменить упрощенной моделью (линзой), сечение которой плоскостью, проходящей через главную оптическую ось, показано на рис. 1.

На нем:  $R_1$  и  $R_2$  – передняя и задняя поверхности объектива;  $S_1$  и  $S_2$  – его передняя и задняя узловые точки;  $F_1$  и  $F_2$  – передний и задний главные фокусы;  $H_1$  и  $H_2$  – главные плоскости объектива (они проходят через точки  $S_1$  и  $S_2$  перпендикулярно главной оптической оси).

Передняя узловая точка  $S_1$  относится к пространству предметов местности и является точкой фотографирования. Задняя узловая точка  $S_2$  относится к пространству изображения и является центром проекции.

# Геометрические и физические основы фотограмметрии

Главным фокусом объектива (линзы) называется точка схода лучей идущих от бесконечно удаленного предмета, параллельно главной оптической оси. Их два. Плоскости, проходящие через главные фокусы перпендикулярно к главной оптической оси, называются фокальными плоскостями.

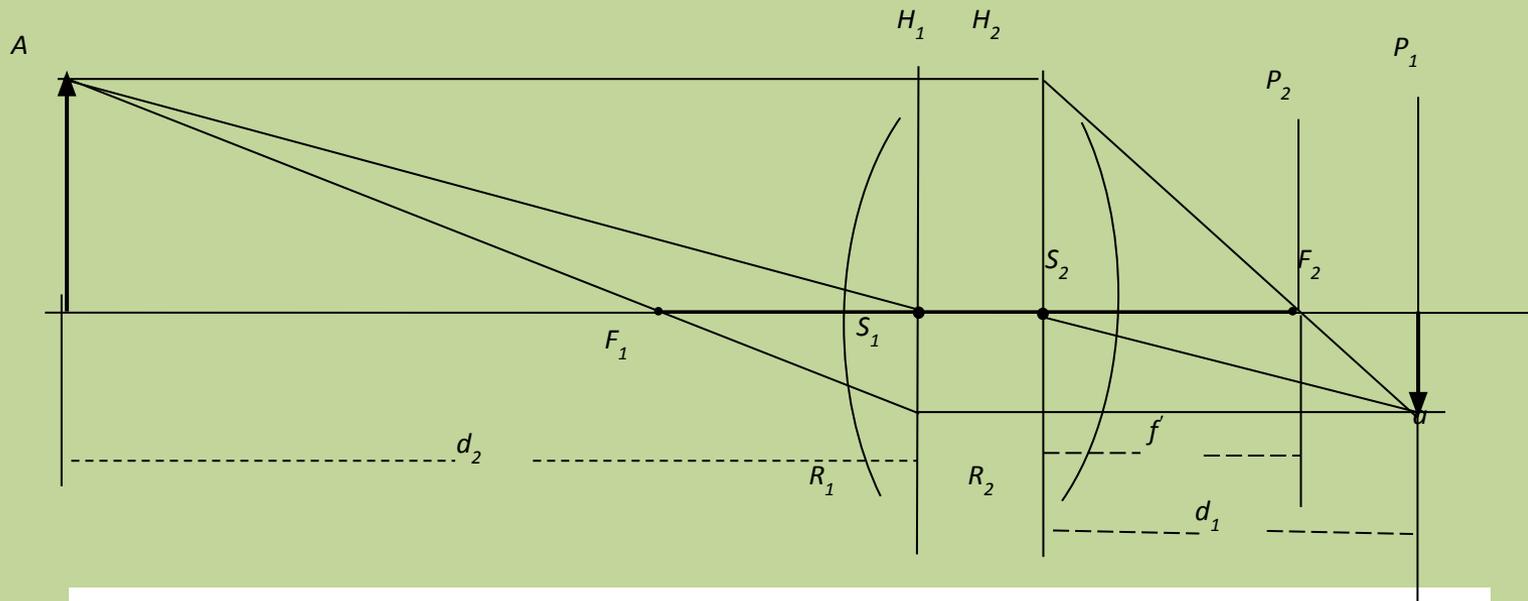


Рис 1 Построение изображения линзой

# Геометрические и физические основы фотограмметрии

Изображение любой точки, например,  $A$ , фотографируемого объекта местности строится следующим образом. Луч идущий параллельно главной оптической оси, преломляется на главной задней плоскости  $H_2$  и проходит через задний фокус  $F_2$ . Луч, проходящий через передний фокус  $F_1$ , после преломления на передней главной плоскости  $H_1$  пойдет параллельно оптической оси. В соответствии с законами геометрической оптики центральный луч  $AS$  входит в переднюю узловую точку  $S_1$  под углом  $\beta$  к оптической оси и выходит из задней узловой точки  $S_2$  под тем же углом к ней. В результате таких построений все три луча пересекутся в точке  $a$  на плоскости  $P_1$ . При этом для точек  $A$  и  $a$  будет выполняться условие оптического сопряжения

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{f'}$$

# Геометрические и физические основы фотограмметрии

где  $d_1$  – расстояние от плоскости  $H_2$  до плоскости изображения  $P_1$ ;  $d_2$  – расстояние от плоскости  $H_1$  до точки фотографируемого объекта;  $f'$  – фокусное расстояние объектива (рис. 1).

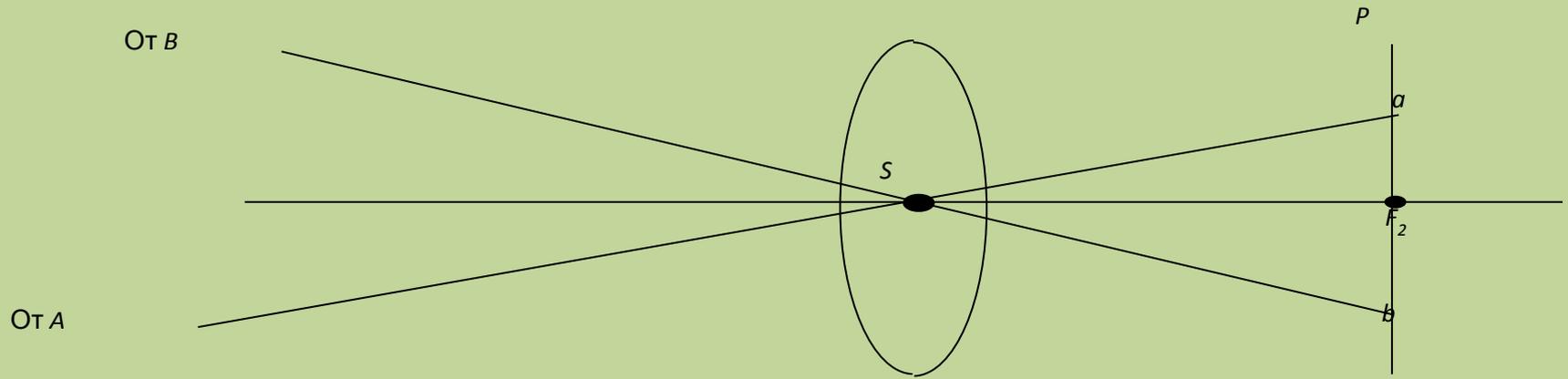
При фотографировании в целях картографирования, когда расстояние  $d_1$  значительно меньше расстояния  $d_2$  (то есть можно считать, что  $d_2$  равно бесконечности)  $d_1 = f'$ , все точки фотографируемого объекта достаточно резко изображаются на плоскости  $P_2$  (главной фокальной плоскости), которая расположена перпендикулярно оптической оси и проходит через главный задний фокус  $F_2$ . По этой причине в АФА и фототеодолитах плоскость изображения  $P$ , как правило, располагается вблизи главного фокуса объектива  $F_2$  на расстоянии чуть меньше фокусного.

# Геометрические и физические основы фотограмметрии

Плоскость изображения  $P$  называют плоскостью снимка, а само изображение – снимком. Центральные лучи  $AS_1$  и  $BS_1$  принято называть проектирующими лучами, так как они проектируют точки объекта на снимок. Поскольку расстояние между узловыми точками мало, можно считать, что они совпадают, и рассматривать одну точку  $S$  (рис. 2). Называют ее центром проекции.

Таким образом, изображение на снимке строится проектирующими лучами, проходящими через общий центр проекции, поэтому можно считать, что изображение на снимке строится по законам центральной проекции (снимок – центральная проекция сфотографированного объекта).

# Геометрические и физические основы фотограмметрии



Совокупность центральных проектирующих лучей точек фотографируемого объекта образует две связки: переднюю (входящие лучи) с вершиной в передней узловой точке объектива и заднюю (выходящие лучи) с вершиной в задней узловой точке объектива. Так как в идеальном случае каждый выходящий центральный луч параллелен соответствующему входящему лучу, то обе связки можно считать совершенно одинаковыми (конгруэнтными).

# ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТИВОВ

Фотографические объективы характеризуются фокусным расстоянием, относительным отверстием, глубиной резкости, углами поля зрения и изображения, разрешающей способностью и аберрациями.

Относительное отверстие характеризует количество света, которое может проходить через объектив, или способность объектива передавать изображение на фотопленку или фотопластинку с определенной степенью яркости. Величина относительного отверстия зависит от диаметра  $d$  входного зрачка (действующего отверстия) объектива и его фокусного расстояния и находится из выражения

$$\frac{1}{k} = \frac{d}{f'} = \frac{1}{f' / d}$$

# ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТИВОВ

Способность объектива давать изображение большей или меньшей яркости называется **светосилой**. Светосила объектива прямо пропорциональна квадрату диаметра его отверстия и обратно пропорциональна квадрату фокусного расстояния.

$$E = d^2 / f'^2 = 1 / k^2$$

Величина относительного отверстия объектива устанавливается с помощью диафрагмы. Диафрагма состоит из тонких серповидных металлических лепестков. При вращении специального кольца или рычажка, имеющегося на оправе объектива, лепестки уменьшают или увеличивают входное отверстие объектива.

# ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТИВОВ

Указатель установки диафрагмы, нанесенный на кольцо или рычажке, передвигается вдоль шкалы диафрагмы.

Деления шкалы градуируются так, чтобы каждое из них требовало увеличения или уменьшения выдержки вдвое по сравнению с предыдущим, например 4, 5.6, 8, 11 и т.д.

**Глубиной резкости (глубиной изображения)** называется способность объектива передавать одинаково резко изображения предметов, находящихся на различных от него расстояниях. Глубина резкости тем больше, чем меньше фокусное расстояние, больше расстояние от объектива до снимаемого предмета и чем меньше относительное отверстие.

# ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТИВОВ

Угол изображения связан с фокусным расстоянием и диагональю кадра соотношением:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\sqrt{l_x^2 + l_y^2}}{f'}$$

где  $l_x$  и  $l_y$  – размеры сторон снимка, вписываемого в поле изображения.

В зависимости от величины угла изображения различают объективы узкоугольные ( $2\beta < 45^\circ$ ),

*нормальноугольные ( $45 - 75^\circ$ ), широкоугольные ( $75 - 100^\circ$ ) и сверхширокоугольные (более  $100^\circ$ ).*

# ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТИВОВ

**Разрешающая способность** объектива характеризует его возможность воспроизводить раздельно в оптическом изображении мелкие объекты. Она выражается самым большим числом линий на 1 мм, раздельно передаваемых объективом, причём ширина линий и промежутки между ними должна быть одинаковы. В оптике указывается общее число черных и белых штрихов, а в аэрофотографии – число пар штрихов.

Обычно в паспортах, характеризующих объективы, записывают величину разрешающей способности, полученную путем фотографирования специальной миры, содержащей группы черных и белых штрихов, причем в каждой группе ширина тех и других линий постоянна.

# ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТИВОВ

Разрешающая способность оптической системы современных отечественных топографических аэрофотоаппаратов в центре кадра составляют 30 – 40 лин/мм ( $\text{мм}^{-1}$ ), на краю кадра – 10 – 15  $\text{мм}^{-1}$ . Разрешающая способность является важной характеристикой, однако, она недостаточна для полной оценки качества изображения. Для восприятия фотографического изображения большое значение имеет контраст объектов. Способности фотографической системы передавать контрасты объектов в зависимости от их размеров на снимке оценивается контрастно-частотными характеристиками (КЧХ). КЧХ фотографического изображения – функция, которая характеризует зависимость между частотой штрихов и контрастом их изображения.

# Геометрические и физические основы фотограмметрии

