

# Лекция №3

## Аэрофотосъемочные системы

1. Физические основы аэрофотосъемки
2. Классификация аэро- и космических съемочных систем
3. Фотографические съемочные системы
4. Нефотографические съемочные системы
5. Общие понятия об аэрофотосъемке

# Физические основы аэрофотосъемки

**Аэросъемка и космическая съемка (АКС)** — это получение изображений земной поверхности с летательных аппаратов - самолетов, вертолетов, искусственных спутников Земли и др. с целью последующего их использования для создания планов и карт.

На летательные аппараты устанавливают **специальную съемочную аппаратуру**, с помощью которой регистрируют отраженное объектами или их собственное излучение.

В результате регистрации излучения **получают изображение**, а также зафиксированные в полете **показания специальных приборов**.

**Изображение может быть представлено** в виде **фотографических снимков** или **цифровой записи** на магнитном носителе.



05.02.14



© Ломакин С.В., доц. каф. ИОМАС ВГАУ

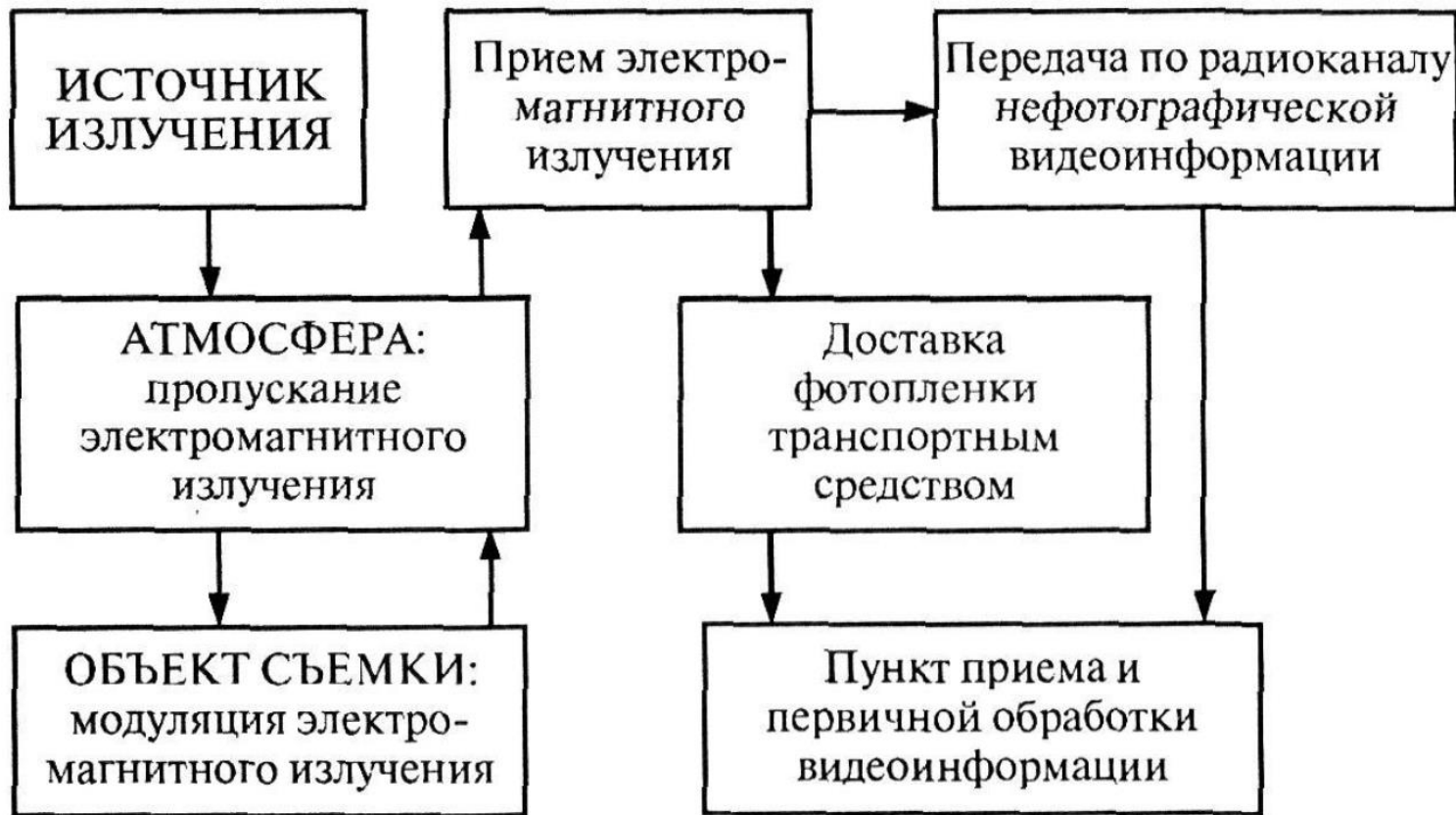


2

# Физические основы аэрофотосъемки

## Общая схема аэро- и космических съемок.

При съемке в отраженных лучах радиационный поток проходит путь от источника излучения до объекта через атмосферу, где происходят его геометрические и, что наиболее важно, энергетические изменения.



# Физические основы аэрофотосъемки

В результате взаимодействия с объектом часть светового потока отражается в пространство. **Отраженный от объектов световой поток** меняет свой спектральный состав, поляризацию и энергию.

**Характер изменений зависит от химических и физических свойств** снимаемых объектов. Поэтому **отраженный поток** электромагнитного излучения **несет сведения о свойствах этих объектов.**

**На пути от объекта до съемочного устройства** отраженное или собственное излучение подвергается **искажающим воздействиям атмосферы.**

**(Излучение радиодиапазона** искажается радиоманнитными помехами.)

**В съемочных системах** происходит регистрация электромагнитного излучения.

В качестве приемников излучения служат фотографические пленки, фотоэлектрические и термоэлектрические элементы. Если съемку выполняют с помощью радиосъемочной аппаратуры, то для приема излучения используют антенны.

**Материалы съемки** поступают на пункты приема. Здесь выполняют **фотохимическую обработку** фотопленки, изготавливают контактные снимки, **визуализируют и тиражируют изображения**, передаваемые по радиоканалу, оценивают качество материалов съемок и **передают их потребителю.**

# Классификация аэрофотосъемочных систем

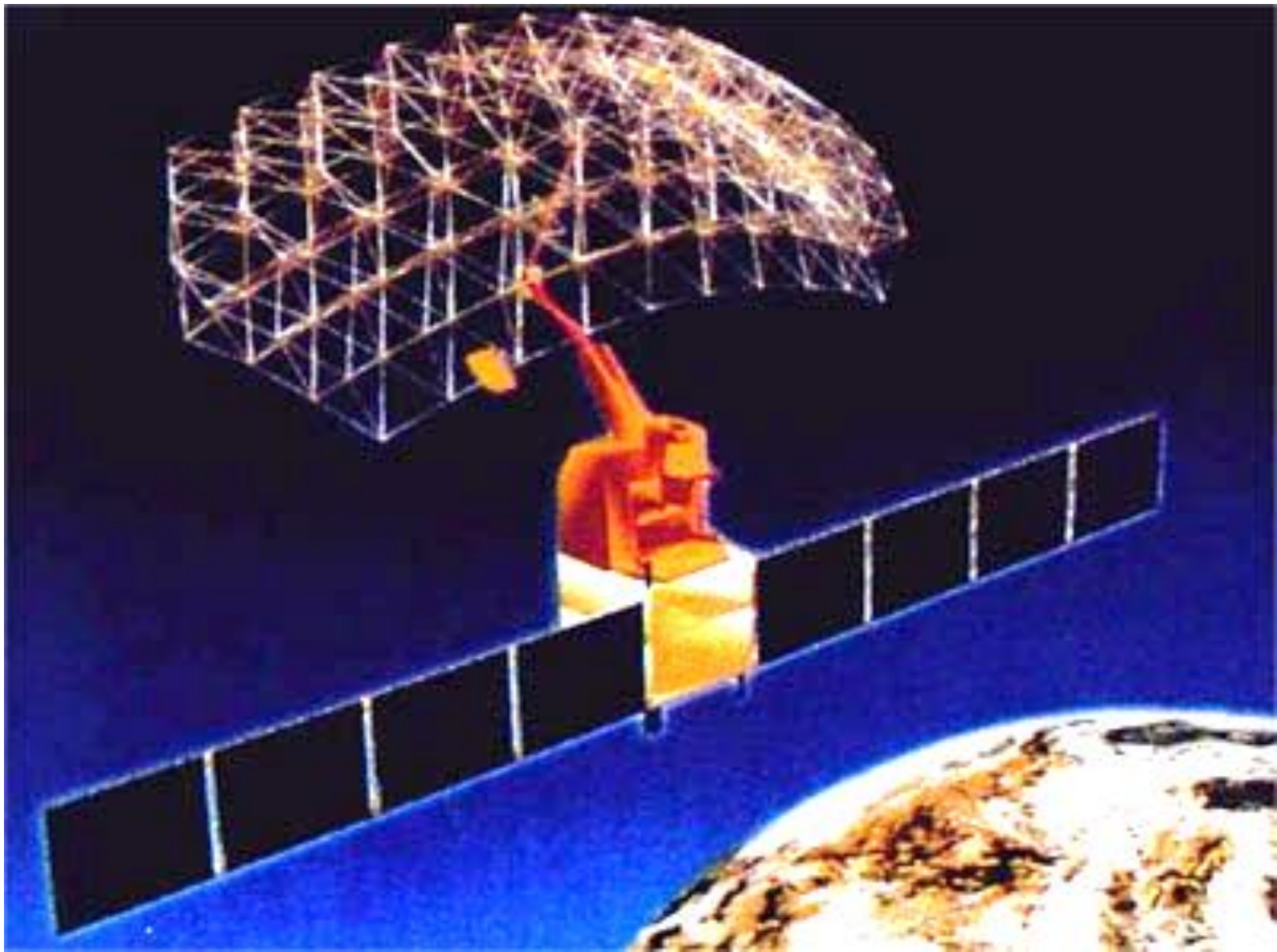
Съемочные системы подразделяют:

**на воздушные и космические** в зависимости от вида летательного аппарата;  
**пассивные и активные** съемочные системы.

В пассивных системах регистрируется отраженное солнечное или собственное излучение объектов. В активных системах применяют искусственные генераторы для облучения поверхности снимаемых объектов с последующей фиксацией отраженного сигнала;

системы, работающие **в оптическом или радиодиапазоне**;  
**однозональные и многозональные**.

При выполнении многозональных съемок получают одновременно несколько изображений одной и той же территории в различных зонах спектра электромагнитного излучения;



# Классификация аэрофотосъемочных систем

**фотографические и нефотографические** съемочные системы.

В фотографических системах электромагнитное излучение регистрируют на черно-белых или цветных фотографических пленках. На фотографических снимках информация об исследуемых объектах записывается в виде оптических плотностей (или цвета), соответствующих яркостям элементов поверхности Земли. В нефотографических системах кодом изображения служит сигнал, возникший в приемнике излучения, который пропорционален излучению, поступившему от элемента объекта съемки. Аналоговый сигнал преобразуется в цифровой вид;

- **оперативные и неоперативные** — по способу доставки видеоинформации.
  - Фотографические съемочные системы являются неоперативными, так как для доставки экспонированной пленки требуется посадка летательного аппарата или сброс на Землю специального контейнера. Нефотографические системы относят к оперативным. С их помощью видеоинформация передается по радиоканалу в реальном времени съемки или записывается на магнитном носителе с последующей передачей в эфир;

# Классификация аэрофотосъемочных систем

- **по способу построения изображения.**
  - Изображение строится по законам центральной проекции (кадровые фотографические и телевизионные системы), строчно-кадровой развертки (сканеры) и по иным законам. При создании топографических крупномасштабных планов и карт фотограмметрическим методом используют снимки, получаемые кадровыми аэрофотоаппаратами.

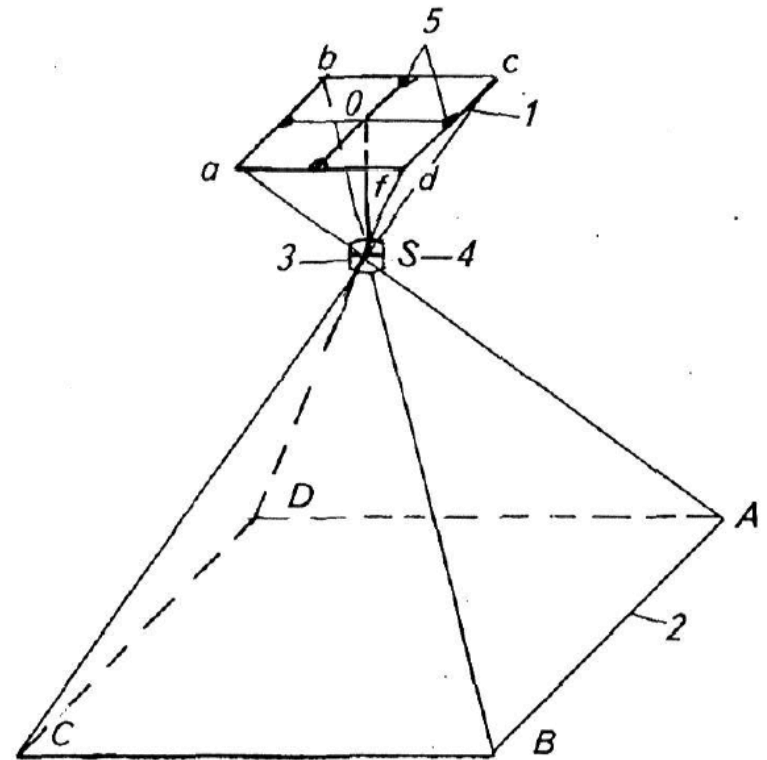
Классификация **может быть продолжена исходя из многообразия конструкций** и технических характеристик съемочных систем.

# Фотографические съёмочные системы

**Фотографические съёмочные системы**, применяемые для съёмки земной поверхности и планет с различных летательных аппаратов, называют соответственно аэрофотоаппаратами и космическими фотоаппаратами.

Существует **большое число конструкций** этих аппаратов. **Наибольшее применение** имеют **кадровые топографические аэрофотоаппараты (АФА)**.

**Схема построения изображения в кадровых АФА**, показана на рисунке. В кадровых АФА имеется плоская поверхность, на которой строится изображение, неподвижный относительно нее объектив, оптическая ось занимает неизменное положение, изображение строится в центральной проекции. Экспонирование площади снимка происходит одномоментно.



# Фотографические съёмочные системы

АЭРОФОТОАППАРАТ (АФА) – предназначен для фотографирования с летательного аппарата земной поверхности и наземных объектов.

Основные особенности:

- фокусировка на бесконечность,
- жесткость конструкции,
- резкость и высокое фотографическое качество изображения,
- возможность получения аэроснимков через короткие интервалы,
- надежность и безотказность в условиях полета и низких температур,
- минимальные вес и габариты.

Аэрофотоаппараты различаются:

- по принципу управления – на автоматические, полуавтоматические и ручные;
- по области применения - для измерительных и топографических целей и для фотографирования днем или ночью.

# Фотографические съёмочные системы

**Схема устройства аэрофотоаппарата** показана на рисунке. Основными частями его являются **корпус, конус, кассета и командный прибор**.

**Корпус АФА (1)** служит для размещения механизмов, обеспечивающих работу всех частей фотокамеры.

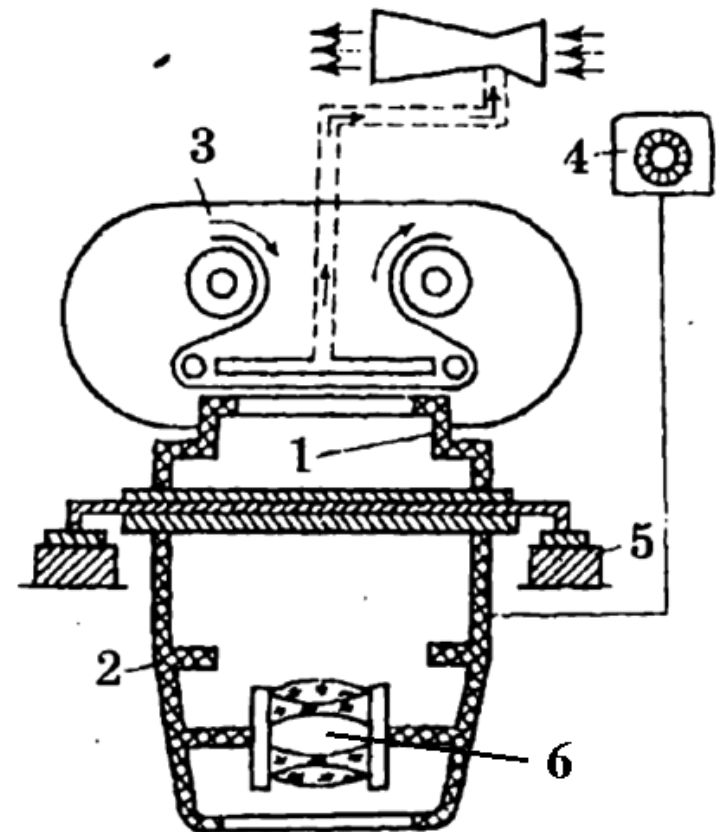
**Конус АФА (2)** крепится к нижней части корпуса и содержит оптическую систему, в которую входит объектив, светофильтры, компенсатор сдвига изображения и др.

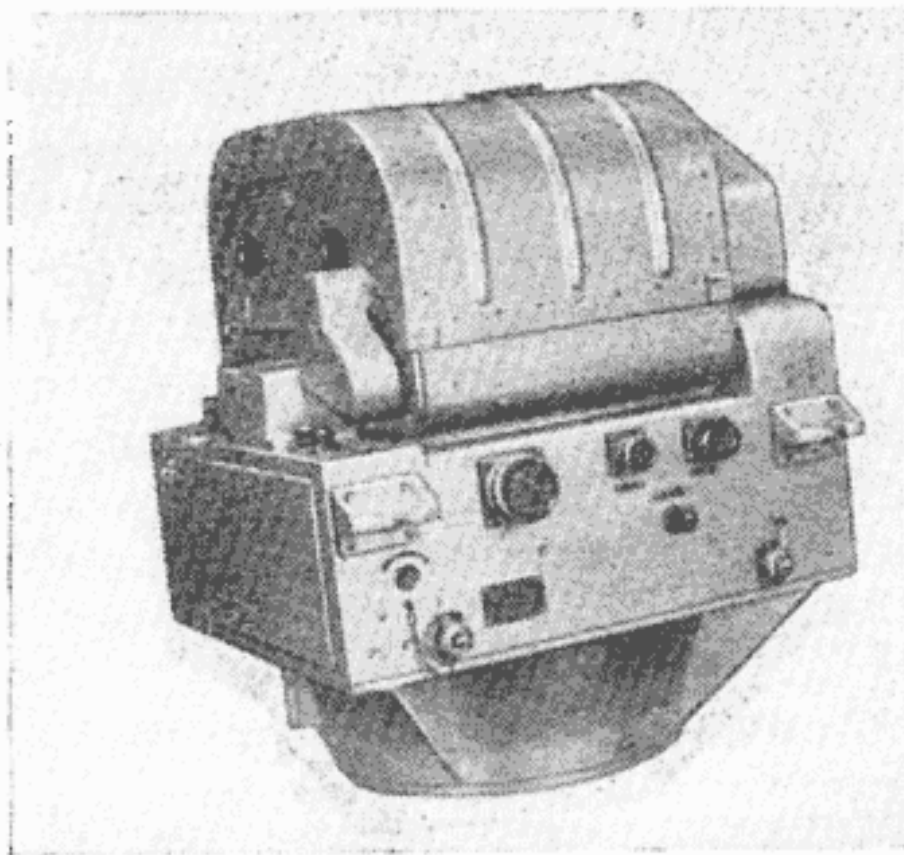
**Кассета (3)** служит для размещения фотопленки и приведения ее светочувствительного слоя при экспонировании в соприкосновение с плоскостью прикладной рамки.

**Командный прибор (4)** предназначен для дистанционного управления всеми механизмами аэрофотоаппарата.

**Аэрофотоустановка (5)** служит для крепления аэрофото-аппарата на борту носителя, ориентирования его в пространстве и предохранения от толчков и вибрации.

**Объектив (6)** затвор и диафрагма





Аэрофотоаппарат АФА-41

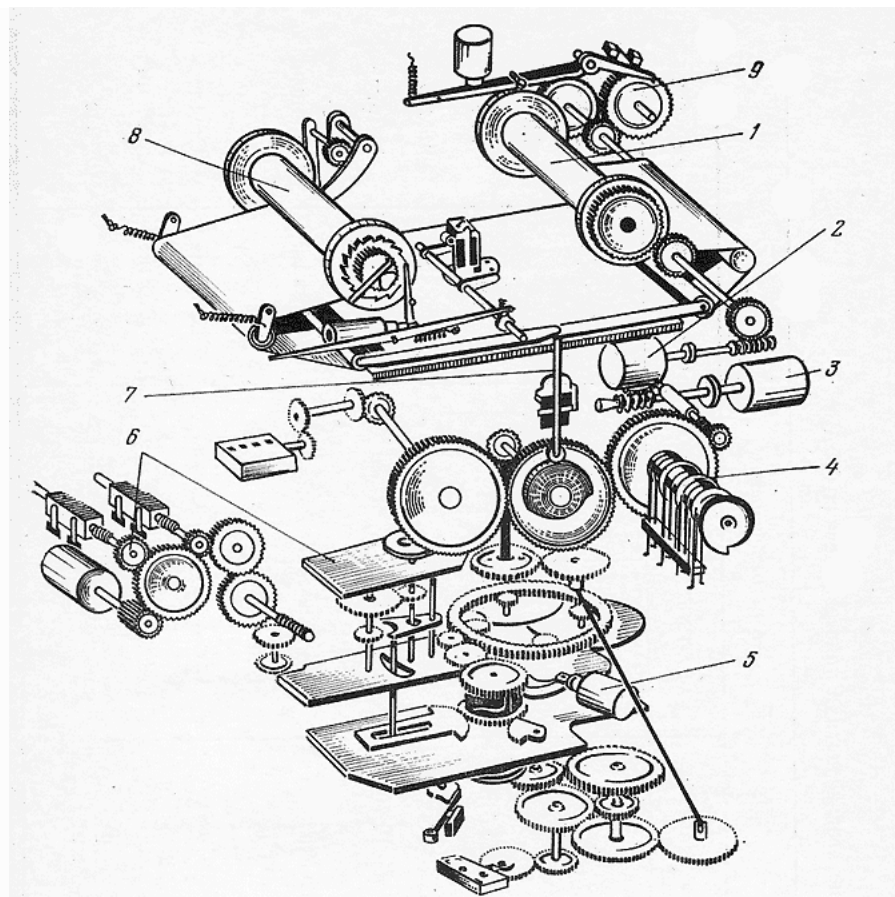


Рис. 128. Кинематическая схема АФА-41:

1 — принимающая катушка, 2 — электродвигатель кассеты, 3 — электродвигатель камерной части, 4 — распределительный вал с кулачками, 5 — электромагнит затвора, 6 — система перевода выдержки; 7 — толкатель подъема стола, 8 — подающая катушка, 9 — система контроля перемотки пленки

# Фотографические съёмочные системы

В конусе кроме объектива находится затвор и диафрагма.

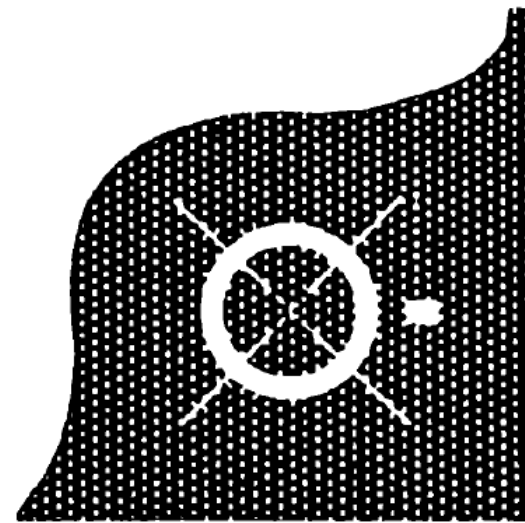
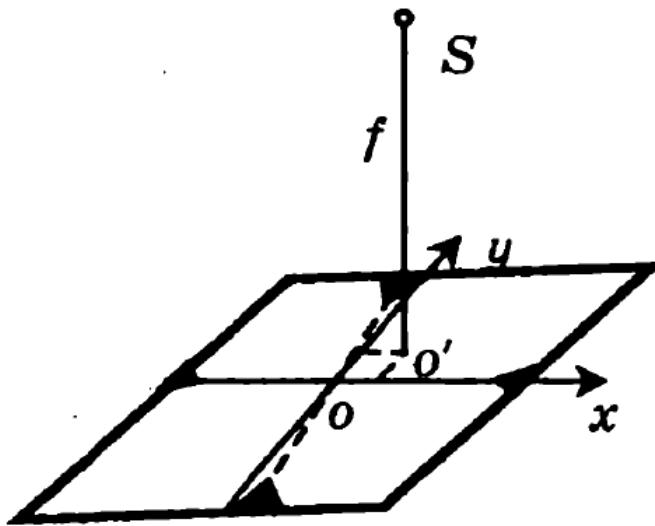
**Затвор** — это устройство, регулирующее время (выдержку), в течение которого происходит экспонирование аэроплёнки.

Выдержки в аэрофотозатворах изменяются в интервале от  $1/40$  до  $1/1000$  с и менее. Изменение выдержек в аэрофотоаппаратах происходит ступенчато (например,  $1/125$ ,  $1/250$ ,  $1/500$ ), что позволяет регулировать экспозицию кратно двум.

**Диафрагма** служит для изменения диаметра входного отверстия объектива. В аэрофотоаппаратах диаметр входного отверстия объектива регулирует количество светового потока, проходящего через объектив. Чем больше диаметр диафрагмы, тем больше освещённость экспонируемой аэрофотоплёнки.

# Фотографические съёмочные системы

В плоскости прикладной рамки размещены **четыре механические координатные метки**, изображающиеся на каждом снимке. Прямые, соединяющие противоположные метки, должны быть взаимно перпендикулярны, а точка их пересечения  $o$  - совпадать с главной точкой снимка  $o'$ .



Современные ЛФА имеют в плоскости прикладной рамки **4-8 оптических координатных меток**, размещенных по углам кадра, или равномерно распределенную по полю сетку крестов с шагом 1-2 см. Параметры аэрофотоаппарата определяют по результатам его калибровки и вписываются в специальный паспорт АФА.

# Фотографические съёмочные системы

Современные аэрофотоаппараты имеют **формат кадра 18x18, 23x23 или 30x30 см** и оснащены **специальными устройствами, обеспечивающими:**

- аэрофотосъёмку с заданным перекрытием;
- впечатывание в кадр сенситометрического клина и навигационных данных;
- автоматическое регулирование экспозиции;
- измерение контрастности изображения и компенсацию его сдвига;
- смену светофильтров;
- индикацию снимаемого ландшафта на мониторе и т. п.

**Основные технические характеристики некоторых современных аэрофотоаппаратов :**

Тип АФА	Фокусное расстояние, мм	Разрешающая способность линий/мм	Остаточная дисторсия, мкм
АФА ТЭС-10М (РФ)	100	33	10
АФА ТЭ-50 (РФ)	500	35	10
АТ-204 (РБ)	150, 300	50–100	3
RC Wild/Leica	153	120	2
RC Wild/Leica	305	107	2

# Виды аэрофотосъемки

Аэрофотосъемку можно классифицировать по нескольким критериям:

1) В зависимости от **величины угла наклона**  $\alpha$  между главной оптической осью съемочной камеры и отвесной прямой, аэрофотосъемку подразделяют на *плановую* ( $\alpha < 3^\circ$ ) и *перспективную* ( $\alpha > 3^\circ$ ).

Для целей картографирования применяется только плановая аэрофотосъемка, хотя современные технологии фотограмметрической обработки аэроснимков такого ограничения не накладывают.

2) В зависимости от поставленной задачи и размеров фотографируемого участка местности различают аэрофотосъемку:

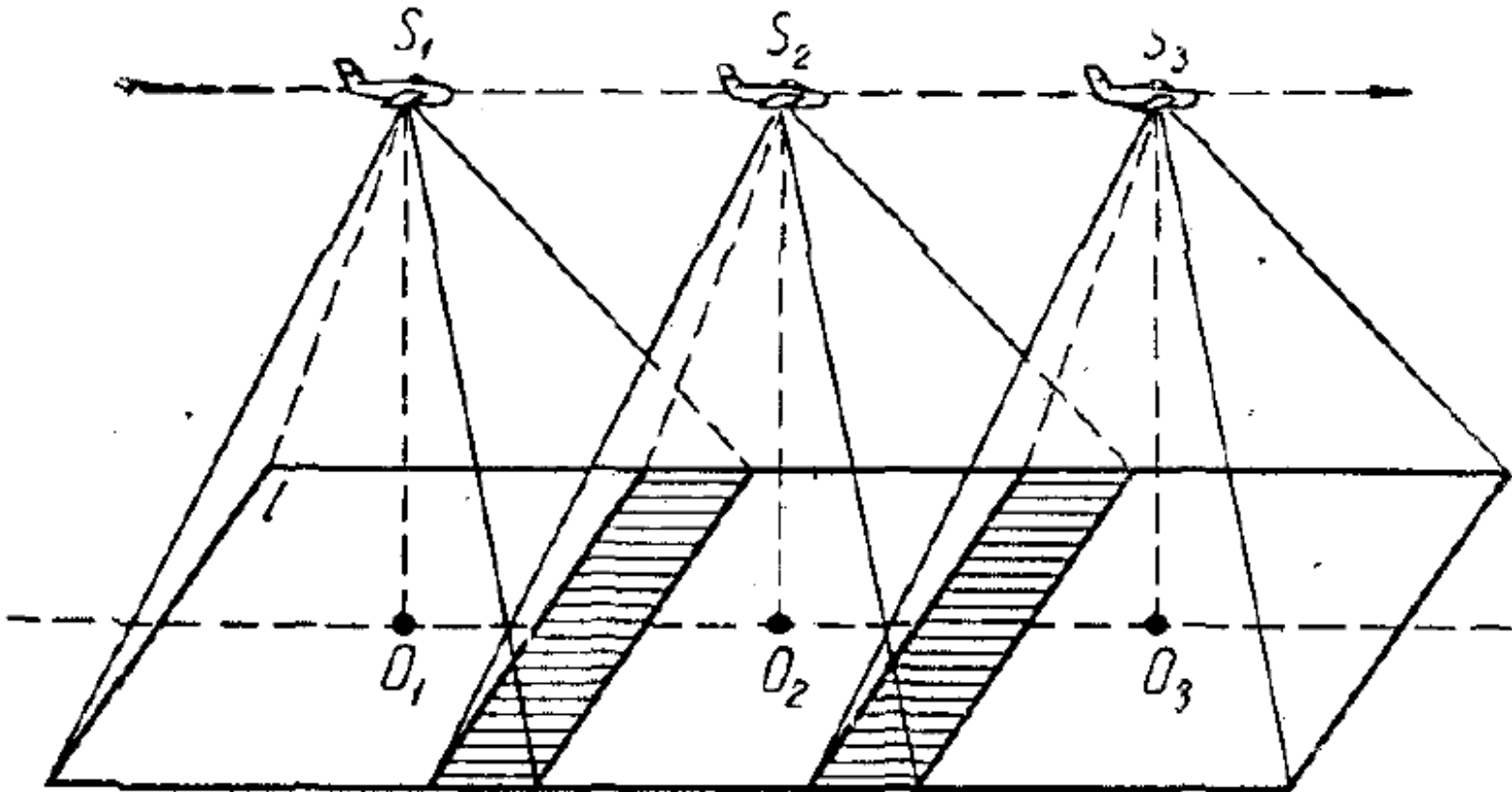
*одинарную* - когда объект фотографирования размещен на одном -двух снимках;

*маршрутную* - когда выполняется фотографирование узкой полосы местности (реки, дороги, береговые линии и др.);

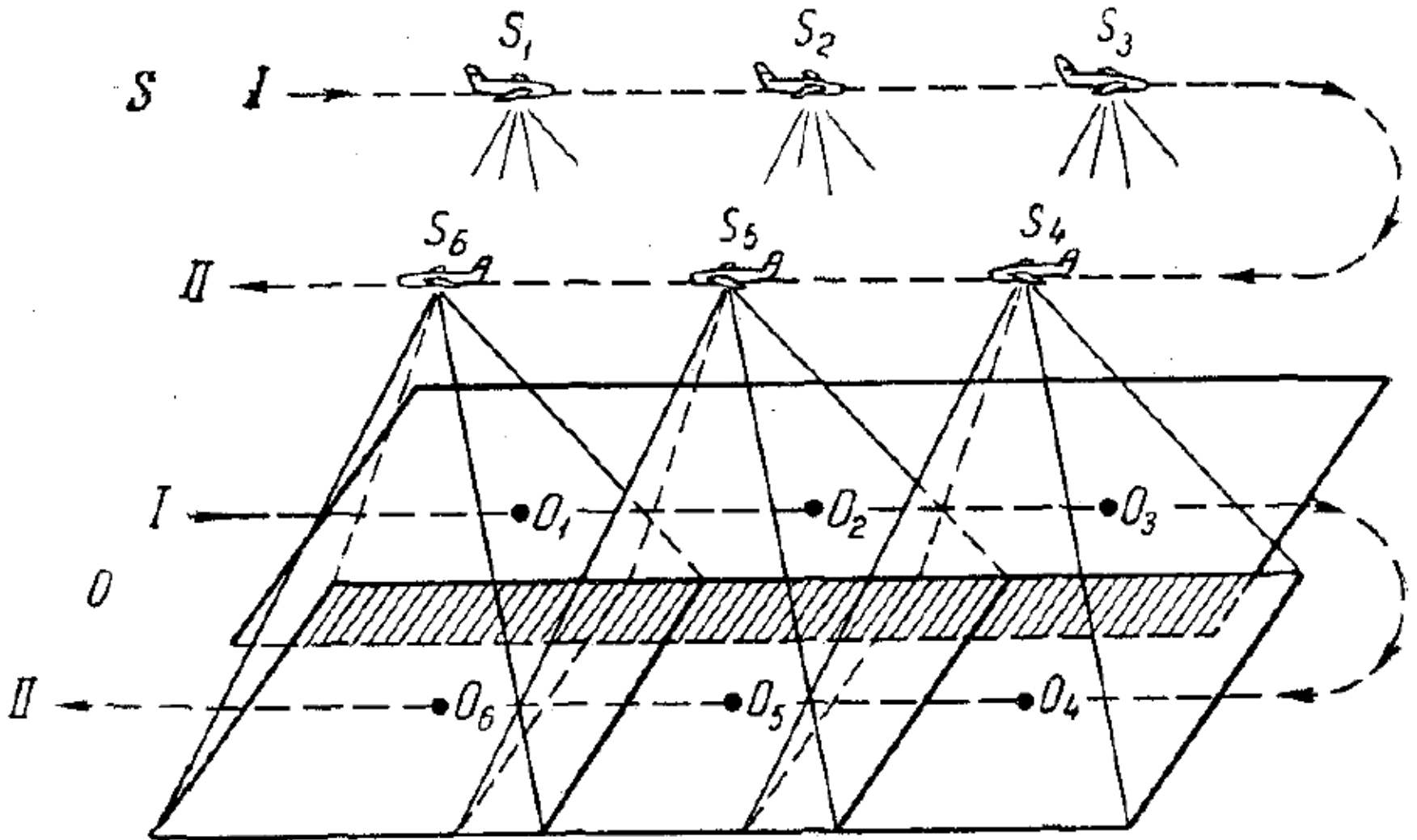
*площадную* или *многомаршрутную* - когда снимаемый участок по своим размерам не может быть изображен на снимках одного маршрута, и для его фотографирования необходимо несколько параллельных маршрутов на определенном расстоянии один от другого.



а

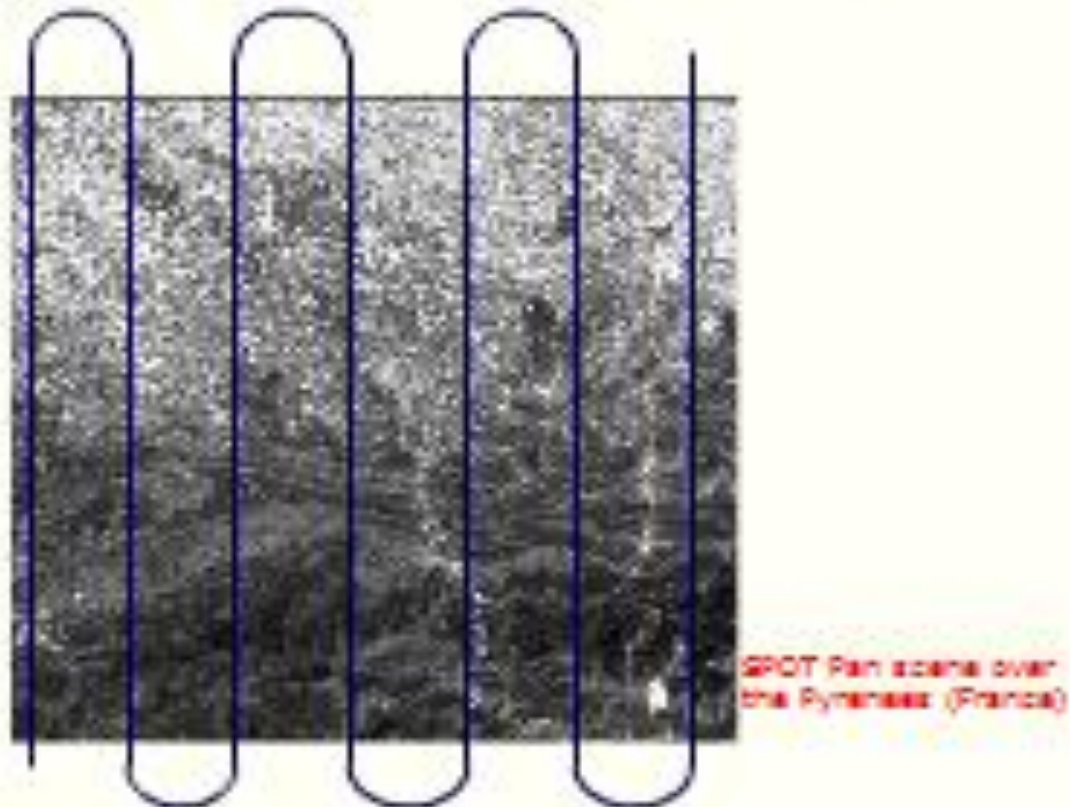


# Комплекс аэрофотосъемочных работ



# Эффективность использования космических ДДЗЗ

Comparison between satellite and airplane coverage (SPOT case)



About 145 aerial photographs at the 1/25 000 scale (6 per 60m, with a 10% overlap along the flight direction and 20% between the adjoining data strips) to cover one SPOT scene.

# Виды аэрофотосъемки

3) В зависимости от **масштаба фотографирования** аэрофотосъемку подразделяют на *мелкомасштабную* (масштаб аэроснимка 1:50 000 и мельче), *среднемасштабную* (1:10 000 - 1:50 000) и *крупномасштабную* (1:10 000 и крупнее).

4) В зависимости от целей и поставленных задач аэрофотосъемка выполняется в границах топографических планшетов, административно-территориальной единицы или объекта съемки.



# Носители съемочной аппаратуры

К носителям аэрофотосъемочной аппаратуры предъявляется ряд технических требований общего и специального характера.

**Общетехнические требования** определяют условия размещения аппаратуры, максимальную высоту полета (потолок), рабочую скорость, дальность и длительность полета, устойчивость во время съемки, наличие вибрации при работе винтомоторной группы и т. п.

**Специальные требования** вытекают из условий эффективной эксплуатации носителя, простоты его оборудования (или переоборудования для целей аэрофотосъемки), а также условия эксплуатации в соответствующих физико-географических условиях.

**Основным видом** носителей являются **самолеты**, а для съемки малых участков - вертолеты, мини-самолеты, мотodelьтапланы и даже радиоуправляемые авиамодели.

Показатели	Технические требования	Характеристики носителей			
		Ан-30	Ан-2	Ил-14ФК	Ка-26
Максимальная высота, м	3500	6000	5000	6000	3000
Средняя скорость, км/час	100–350	440	180	300	140
Дальность, км	1200	2000	1300	2000	400



# Носители съемочной аппаратуры аппарата



# Техническое оснащение



Цифровая видеокамера установлена на подвесной не крутящейся системе сзади пилота, а цифровой фотоаппарат устанавливается на специальной поворотной платформе.

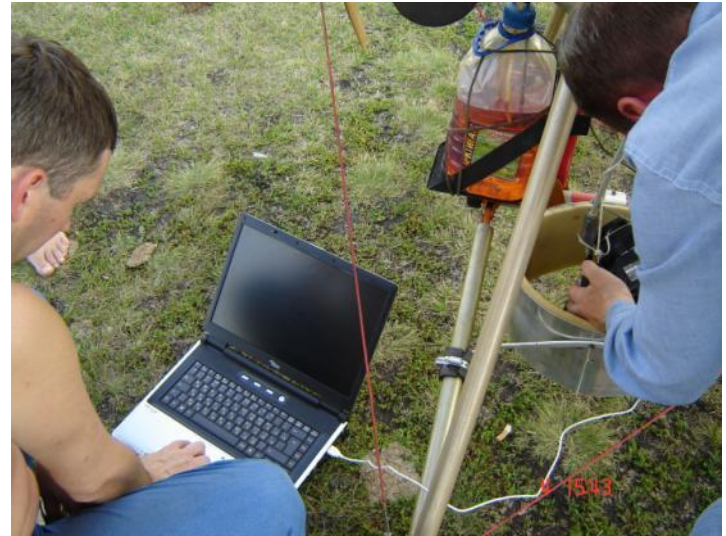


# Техническое оснащение

В качестве монитора используется цветной ЖК телевизор с диагональю 6-10 дюймов работающий в режиме просмотра сигнала видеокамеры.



# Предварительная оценка качества снимков



# Беспилотные аппараты



# Радиоуправляемые модели



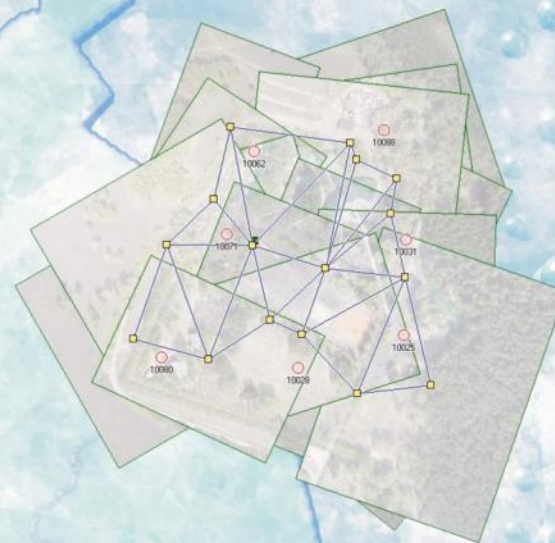
Авиамодель "Эльф" ПП-40



Фотокамера Sony DSC-P10  
(5 мегапикселей)



Электронный накидной монтаж



Проектирование сети

## Основные технические требования к топографической аэрофотосъемке

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

**Угол наклона** аэроснимков не должен превышать  $1^\circ$  при аэрофотосъемке с использованием средств стабилизации аэрофотоаппарата и  $3^\circ$  без них.

Причем число снимков с максимальным углом наклона не должно превышать 10 % от их общего числа.

Метеорологические условия съемки, определяют фотографическое качество снимков.

Аэрофотосъемка должна выполняться при безоблачном небе, поскольку на снимках недопустимо изображение ни самих облаков, ни отбрасываемой ими тени.

Отрицательное влияние на фотографическое качество оказывает также туман, дымка, избыточная влажность воздуха и пр. Все это меняет отражательную способность аэроландшафта, делает границы между объектами плохо различимыми и т. п.

## Основные технические требования к топографической аэрофотосъемке

**Нежелательно** выполнять аэрофотосъемку после распускания деревьями листвы, и совершенно недопустимо зимой, при наличии снежного покрова.

Наиболее оптимальный аэро-фотосъемочный сезон начинается через две недели после весеннего снеготаяния и завершается с наступлением периода систематических осенних дождей. **Для аэрофотосъемки населенных пунктов** нежелательно и летнее время.

Аэрофотосъемка выполняется, как правило, при высоте Солнца над горизонтом не менее  $20-25^\circ$ , с обязательным использованием светофильтров.



# Комплекс аэрофотосъемочных работ

Комплекс аэрофотосъемочных работ состоит из нескольких этапов:

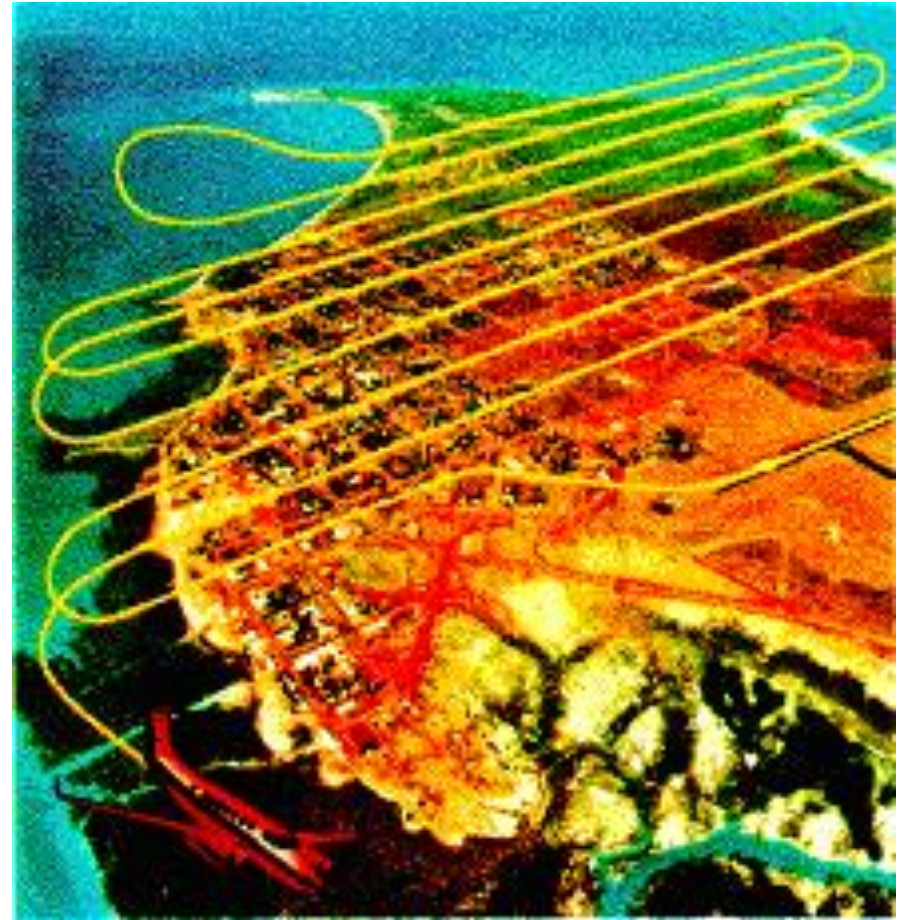
- 1. разработки технического задания (проекта), включающего технические параметры съемки:**
  - границы участка съемки,
  - высоту и масштаб фотографирования,
  - фокусное расстояние АФА,
  - продольное и поперечное перекрытие снимков,
  - тип аэрофотопленки,
  - сроки съемки и т.д.
- При использовании навигационной системы GPS в бортовой компьютер вводят координаты начала и окончания маршрутов и заданную высоту полета в системе координат WGS-84. В компьютер также вводят масштаб аэрофотосъемки, величину продольного и поперечного перекрытия, фокусное расстояние и формат снимков. По этим данным вычисляются координаты проектируемых центров фотографирования.

Термин «аэрофотосъемка» объединяет **ряд взаимосвязанных процессов**, в частности:

- **летно-съёмочные работы**, включающие разработку технических условий аэрофотосъёмки и ее выполнение;
- **фотолабораторные работы**, включающие фотографическую обработку экспонированных аэрофильмов, изготовление по ним отпечатков и иной первичной продукции;
- **полевые фотограмметрические работы**, включающие регистрацию материалов аэрофотосъёмки и оценку качества исполненной фотосъёмки.

# Комплекс аэрофотосъемочных работ

1. подготовки аэрофотосъемочного оборудования и полетного задания;
2. (летно-съемочные работы) аэрофотографирования;
3. фотолабораторной обработки аэрофильмов (проявление, фиксирование, сушка, нумерация негативов, контактная печать аэроснимков);
4. составления накидного монтажа и изготовления его репродукции,
5. оценки фотографического и фотограмметрического качества материалов аэрофотосъемки;
6. сдачи материалов аэрофотосъемки заказчику.



Летно-съёмочным работам предшествует расчет параметров аэрофотосъёмки.

Исходя из **назначения материалов аэрофотосъёмки, масштаба создаваемого плана и технологии обработки** определяют масштаб аэрофотосъёмки, фокусное расстояние съёмочной камеры, ее тип и формат кадра.

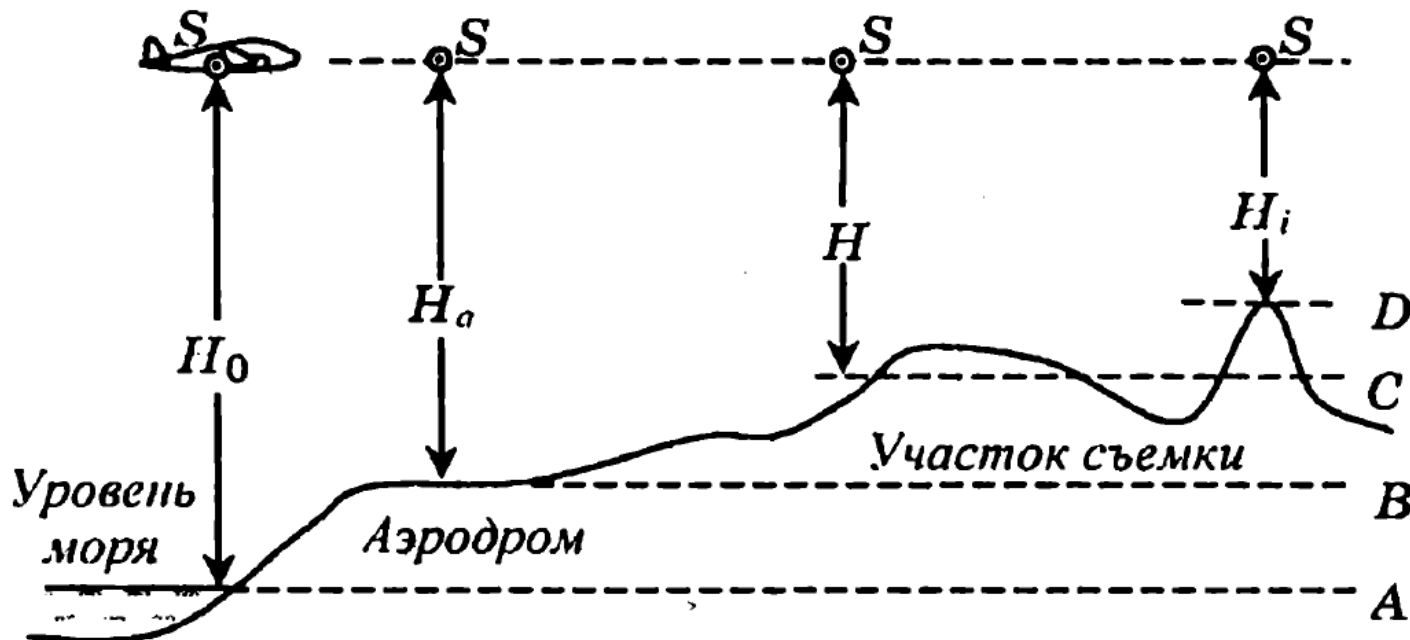
После этого, производят расчет всех остальных параметров аэрофотосъёмки:

- конфигурацию и площадь участка
- высоту фотографирования
- расстояния между центрами фотографирования (базис) и смежными маршрутами
- интервал между экспозициями
- выдержку и др.

# Комплекс аэрофотосъемочных работ

**Высота фотоаэрографирования** - это расстояние, измеряемое по отвесной линии от узловой точки объектива установленного на самолете аэрофотоаппарата до некоторой поверхности.

Различают : **абсолютную** высоту фотоаэрографирования  $H_0$  над уровнем моря (плоскость А), **относительную** высоту фотоаэрографирования  $H_a$  над аэродромом (В), высоту фотоаэрографирования  $H$  над **средней плоскостью съемочного участка** (С), истинную высоту фотоаэрографирования  $H_i$  над **какой-либо точкой местности** ( $H_i$ ).



# Комплекс аэрофотосъемочных работ

Высота фотографирования над средней плоскостью съемочного участка определяется в период предполетной подготовки в зависимости от параметров аэрофотосъемки ( $l$ ,  $m$ ) и масштаба плана ( $M$ )

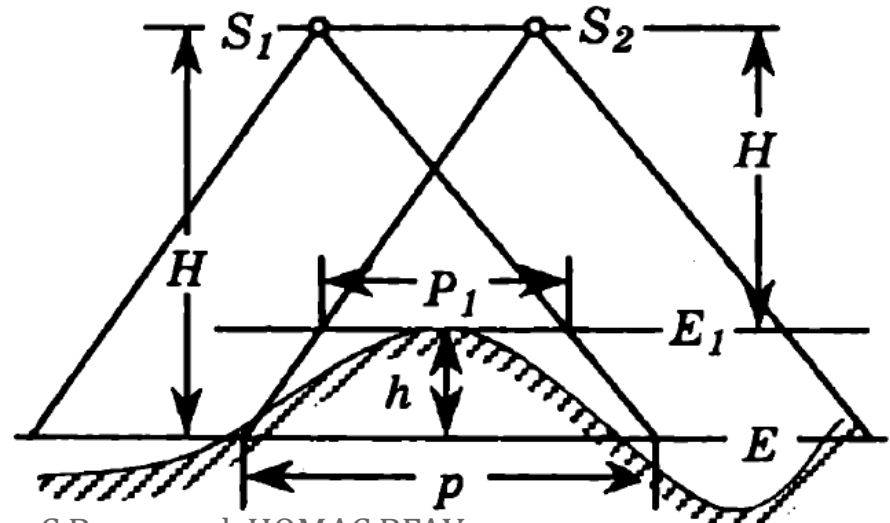
$$H = f \cdot m \text{ (м)} \quad \text{где } f \text{ – фокусное расстояние АФА}$$

При аэрофотосъемке равнинных районов реальная высота фотографирования может отличаться от расчетной не более чем на 3 %.

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:

$$H_{\text{абс}} = A_{\text{ср.пл.}} + H$$

$$A_{\text{ср.пл.}} = 0,5(A_{\max} + A_{\min})$$



# Комплекс аэрофотосъемочных работ

Одномаршрутную и многомаршрутную аэрофотосъемку, проводимую с помощью кадровых АФА, выполняют с перекрытиями соседних снимков.

Перекрытиями называют части аэроснимков, на которых изображена одна и та же местность. Значения перекрытий выражают в процентах от длины стороны снимков.

Перекрытия обеспечивают возможность фотограмметрической обработки аэроснимков, и требование их соответствия расчетным является одним из основных.

Продольное перекрытие снимков рассчитывают или задают, исходя из технологии фотограмметрической обработки снимков. Величина его может быть 60, 70, 80, 90 %.

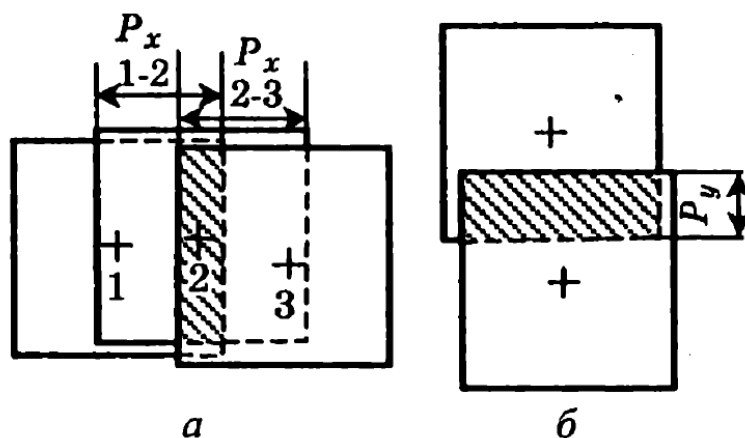
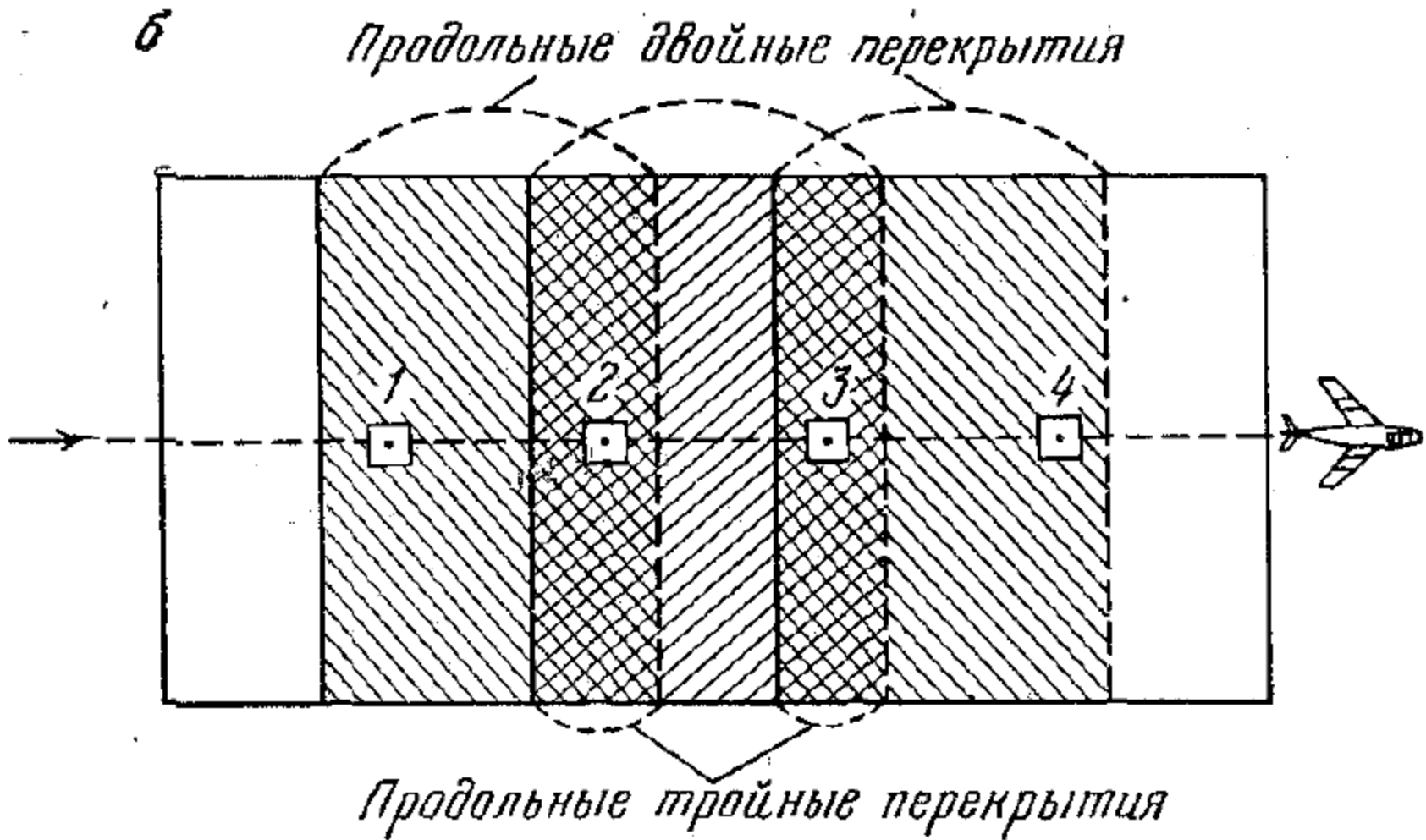
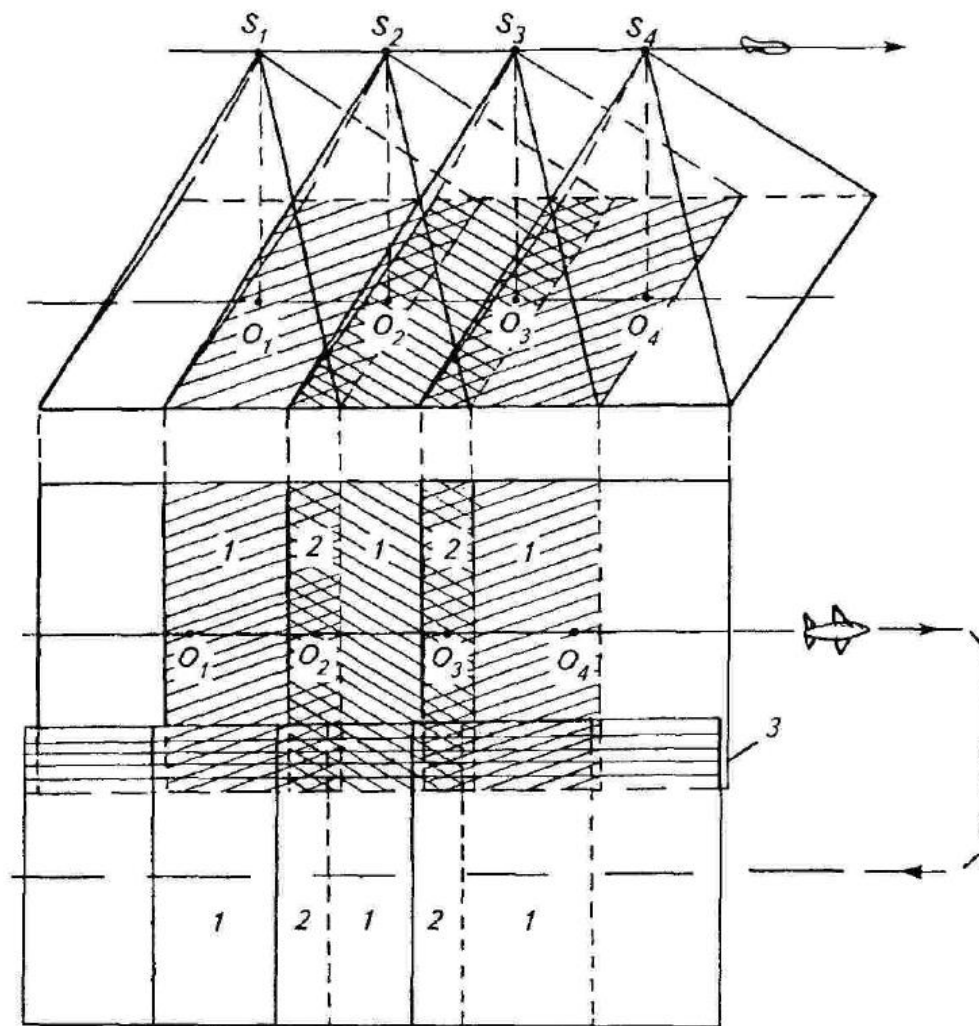


Рис. 1.10. Продольное (а) и поперечное (б) перекрытия аэроснимков

# Комплекс аэрофотосъемочных работ





**Рис. 6.1. Схема аэрофотосъемки:**

1 — двойное продольное перекрытие снимков; 2 — тройное продольное перекрытие снимков;  
 3 — поперечное перекрытие снимков;  $S_1, \dots, S_4$  — положение центров фотографирования;  
 $O_1, \dots, O_4$  — их проекции на местности

# Комплекс аэрофотосъемочных работ

Перекрытие двух смежных снимков называют **двойным**. Зона перекрытия трех снимков — **тройное перекрытие**.

Продольное перекрытие обеспечивается частотой (временным интервалом) включения АФА, которое зависит от высоты фотографирования и путевой скорости летательного аппарата.

**Продольное перекрытие  $P_x$**  должно быть в среднем **60%**, что обеспечивает наличие 20% зоны тройного продольного перекрытия. В некоторых случаях (например, при съемке населенных пунктов с многоэтажной застройкой) продольное перекрытие может устанавливаться равным 80-90%.

Зона двойного продольного перекрытия определяет границы стереопары, в пределах которой выполняется фотограмметрическая обработка пары изображений, в т.ч. Построение рельефа.

**Зона тройного продольного перекрытия используется для связи смежных стереопар** по общим точкам и передачи от одной из них к другой системы координат и масштаба фотограмметрических построений.

**Поперечное перекрытие  $P_y$**  — это перекрытие снимков соседних маршрутов. Поперечное перекрытие должно быть не менее 20% при среднем 30-35% и используется для размещения в нем опорных точек и точек связи смежных маршрутов.

# Комплекс аэрофотосъемочных работ

Расчет продольных и поперечных перекрытий смежных снимков, выражаемые в процентах от их размера, всегда задаются по отношению к средней плоскости съемочного участка.

$$P_x = p_x + 40 (h/H), \%;$$
$$P_y = p_y + 40 (h/H), \%;$$

где  $p_x, p_y$  – нормативные продольное и поперечное перекрытия в %;  
 $h = Z_{max} - Z_{min}$  – разность высот на съемочном участке;

Значения перекрытий обеспечиваются базисами фотографирования.

**Базис фотографирования**  $V_x$  (расстояние между центрами фотографирования) и  $V_y$  (расстояние между маршрутами) зависят от размера кадра фотокамеры, величин продольного и поперечного перекрытий и знаменателя масштаба аэрофотосъемки.

# Комплекс аэрофотосъемочных работ

Наличие перекрытий приводит к практическому использованию не всей площади аэроснимка, а только его центральной части, в которой величины искажения положения точек (в центральной части снимка) заметно меньше, чем по краям.

Эта часть аэроснимка, ограниченная средними линиями продольного и поперечного перекрытий, называется **рабочей площадью**.

В ее границах выполняется дешифрирование снимка и любые измерительные действия; из этих площадей создаются фотопланы, ортофото-планы и т. п.

Размеры рабочей площади снимка в см. рассчитываются по формуле:

$$b_x = l(100 - P_x)/100 \text{ (см);}$$

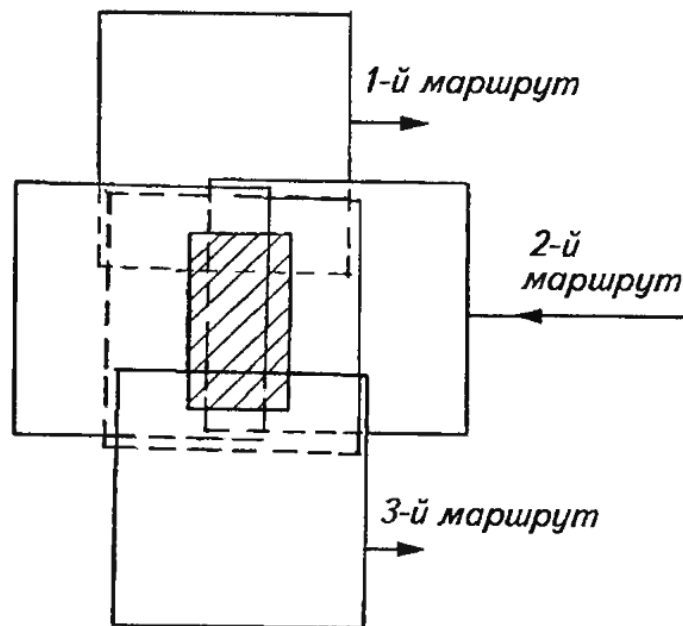
$$b_y = l(100 - P_y)/100 \text{ (см),}$$

Где  $l$  – размер стороны снимка

Размеры на местности:

$$B_x = b_x \cdot m \text{ (м)}$$

$$B_y = b_y \cdot m \text{ (м) –}$$



# Комплекс аэрофотосъемочных работ

Количество маршрутов  $K$  рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{L_y}{B_y} + 1$$

Число аэронегативов в маршруте вычисляют по формуле

$$n = \frac{L_x}{mb_x} + 1 = \frac{L_x}{B_x} + 1$$

Расчетное число аэронегативов на всей площади участка будет

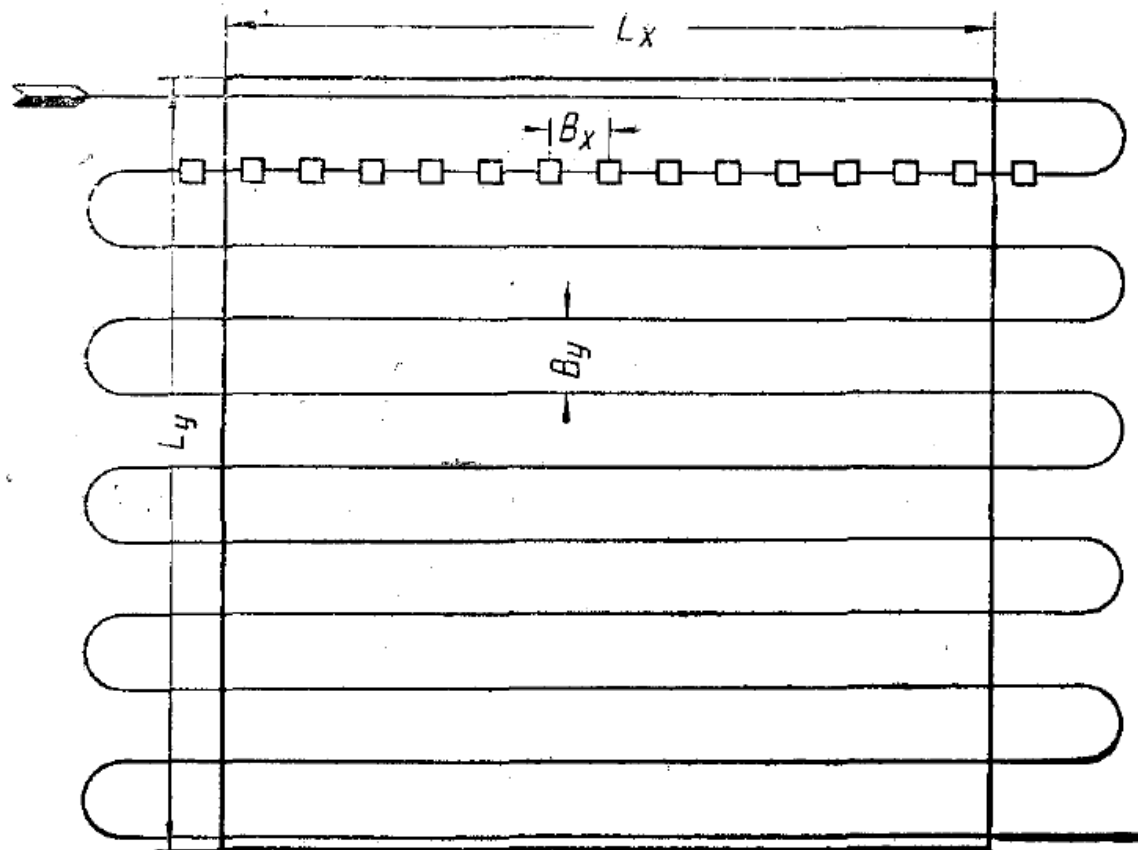
$$N = nK$$

**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 числа маршрутов на участке и число снимков в маршруте увеличивают на 1 и на 3 соответственно:

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

# Комплекс аэрофотосъемочных работ

Аэрофотосъемка производится на один базис фотографирования за пределы каждой из меридиональных границ участка и на  $1/2$  длины стороны рабочей площади  $B_y$  за пределы каждой границы участка по параллелям, поэтому расчетное число маршрутов и аэронегативов в них соответственно увеличивается на единицу.



# Комплекс аэрофотосъемочных работ

**Расчет времени экспонирования (выдержки).** Самолет, двигаясь со скоростью  $W$ , за время  $t_s$  пролетает расстояние  $S=W \times t_s$ .

Так как в течение времени  $t_s$  объектив фотокамеры открыт, то изображение на аэроснимке окажется смазанным, причем величина смаза в масштабе аэроснимка составит  $W \times t_s / m$ .

Длина линии смаза на фотоплане не должна не превысить 0,1 мм. В этом случае она будет восприниматься невооруженным глазом на фотоплане как точка.

Пусть масштаб аэропегатива равен  $1/m$ , а масштаб фотоплана  $1/M$ , тогда коэффициент **увеличения** при **изготовлении** фотоплана будет:

$$K=M/m$$

Отсюда минимальное время экспонирования  $t_s$  при котором величина смаза изображения не превысит 0.1 мм в масштабе создаваемого плана будет равно:

$$t^s \leq \frac{\delta_{\text{пред}} m}{W K_t} = \frac{0,1M}{W \text{ мм/с}}$$

Современная технология аэрофотосъемки предусматривает применение специального компенсатора сдвига изображения, который практически минимизирует этот смаз.

# Комплекс аэрофотосъемочных работ

Для обеспечения заданного продольного перекрытия рассчитывают **интервал фотографирования** - это время между двумя последовательными экспозициями, в течение которого самолет преодолет расстояние  $B_x$  со скоростью  $W$  км/час

$$t'' = \frac{B_x}{W}$$



# Комплекс аэрофотосъемочных работ

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

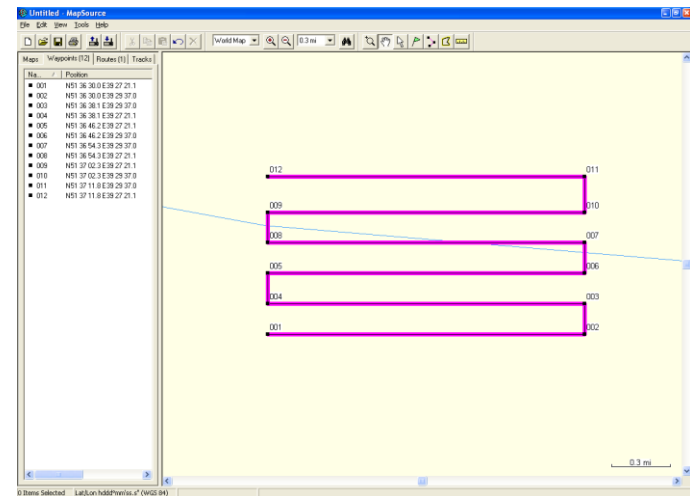
Подготовительные работы завершаются установкой, проверкой основного и вспомогательного оборудования, подбором светофильтров и определением выдержки при фотосъемке. Важным их элементом является установка GPS-оборудования и определение положения антенны приемника относительно узловой точки объектива аэрокамеры.

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

# Навигационная аппаратура



Для навигации по маршруту полета используется GPS аппаратура



Microsoft Excel - расчет параметров шаблона.xls

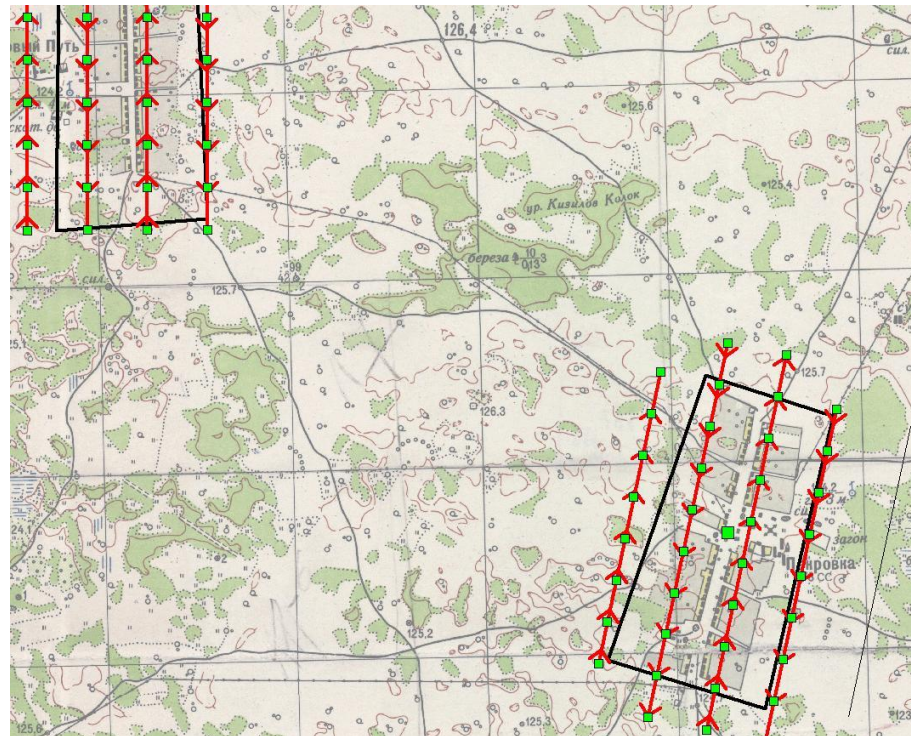
	A	B	C	D	E	F	G
1	Фотоаппарат	Cannon EOS 5D					
2	Длина матрицы	35.8 mm					
3	Ширина матрицы	23.9 mm					
4	Количество точек длины	4368					
5	Количество точек ширины	2912					
6	Фокус	24 mm					
7	Угол захвата	73 град					
8							
9	Масштаб	Разрешение	Захват по ходу	Захват по ширине	Высота опт	захват кв км	кадров/кв км
11	1366	0.10245	298	448	300	0.03	31.2
14	1366			Подбор высоты	300		
29							
30	Высота съемки	300					
31	Продольное перекрытие	0.6					
32	Поперечное	0.4					
33	Скорость полета км/ч	75					
34	Интервал фотогр. М.	119					
35	Интервал фотогр с	5.7					
36	с поднятием зеркала с	2.9					
37							
38	1 мин по широте м	1 мин долг. м	эффект ширины	Координаты диагонали углов рамки			
39	1830	1150	268.5	град	мин	сек	град
40		высота блока	2016	51	44	42	51.745
41		ширина блока	578	39	8	42.56	39.14515556
42	сдвиг маршрута по долготе с		14.0				
43	сдвиг маршрута по широте с		8.8	51	43	35.9	51.72663989
44		кадров всего	36	<b>левая нижняя</b>			
45				39	8	12.4	39.13677778



# Программа построения маршрутов аэрофотосъемки

Для составления проекта достаточно задать параметры съемки, выделить область съемки (удобно это на растре карты), указать направление маршрутов (отдельно для каждого объекта). После автоматического расчета точек фотографирования, возможно ручное редактирование: убрать/добавить точки, убрать/добавить маршруты, настроить вид отображения, распечатать проект.

Подготовленные координаты точек фотографирования сохраняются в текстовый файл, который используется навигационной программой при выполнении полета.



# Комплекс аэрофотосъемочных работ

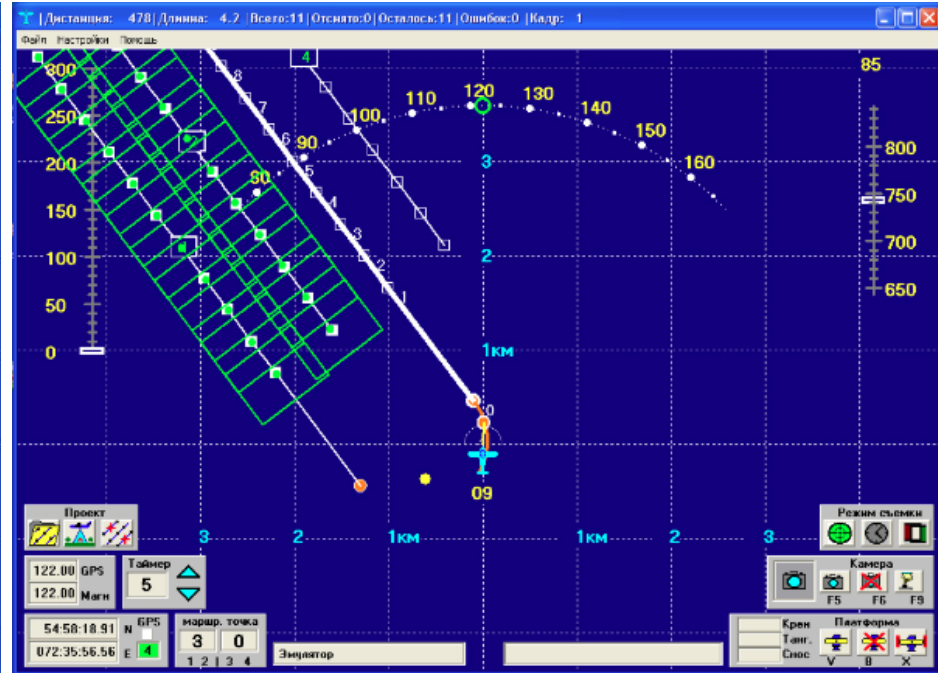
Во время подлета к съемочному участку самолет набирает нужную высоту полета, и выполняет заход в створ первого маршрута, после чего оператор включают аэрофотоаппарат за полтора-два базиса фотографирования до границы съемки. С этого момента аэрофотоаппарат выполняет все операции автоматически, в том числе соблюдение заданной величины продольного перекрытия.

В моменты срабатывания затвора съемочной камеры показания всех приборов и датчиков, определяющих положение гиростабилизированной платформы на определенные моменты времени, заносятся на магнитный носитель для последующего использования при расшифровке данных GPS-измерений.

В конце маршрута на границе съемки с запасом полтора-два базиса аэрофотоаппарат отключают и выполняют заход на очередной маршрут по ориентирам полетной карты.

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





# Специальное аэросъемочное оборудование

## Специальное аэросъемочное оборудование

При топографической аэрофотосъемке на самолете устанавливают дополнительное оборудование, обеспечивающее выполнение всех заданных параметров съемки: статоскоп, радиовысотомер, гиросtabilизирующую установку и др.

**Статоскоп** представляет собой высокочувствительный дифференциальный барометр, позволяющий измерять изменение давления воздуха, возникающие при колебании высоты фотографирования. Поскольку барометрическая ступень для стандартной атмосферы известна, для определения превышения между центрами фотографирования необходимо лишь измерить разность давлений в точках съемки.

В современном аэрофотосъемочном производстве применяются статоскопы-автоматы непрерывного действия С-51 и С-51М, обеспечивающие определение превышений между центрами фотографирования с точностью около  $\pm 1$  м.

# Специальное аэросъемочное оборудование

**Радиовысотомер** представляет собой радиолокационную установку, предназначенную для измерения высоты полета в моменты фотографирования.

Принцип его действия основан на использовании импульсного метода измерения расстояний по времени прохождения радиоволны, направленной к земной поверхности и отраженной обратно. Тогда расстояние до ближайшей точки, близкое к высоте фотографирования, будет равно половине пройденного пути:

$$D \approx H = 0,5 v_c t$$

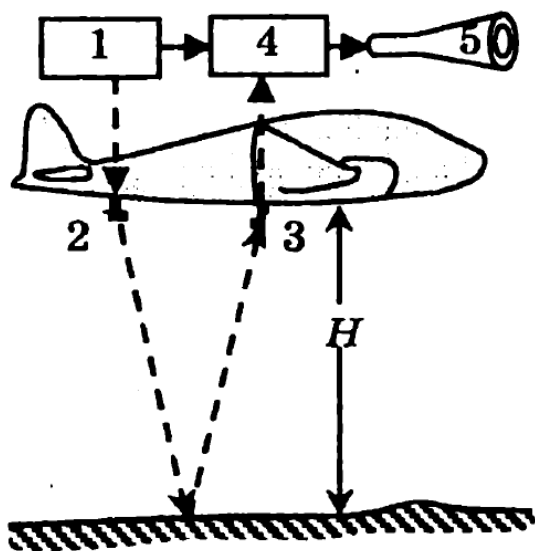


Рис. 1.12. Принцип работы радиовысотомера

где  $v_c$  - скорость распространения радиоволн, равная 300 000 км/сек;  
 $t$  — время прохождения радиоволны расстояния от самолета до ближайшей точки местности и обратно. Широкая направленность антенны ( $120^\circ$ ) и выбранная длина волны (68 см) обеспечивают отражение радиоволн от точек земной поверхности (а не от растительности), расположенных на различных расстояниях. Применяемые при аэрофотосъемке радиовысотомеры РВТД и РВТД-А обеспечивают определение высоты фотографирования над равнинной местностью с точностью 1,2-1,5 м.

# Специальное аэросъемочное оборудование

**Гиростабилизирующая** установка предназначена для стабилизации в полете положения съемочной камеры и уменьшения углов отклонения ее главной оптической оси от отвесной линии.

В основе конструкции современных гироскопов лежит принцип волчка, стремящегося сохранить неизменным пространственное положение своей оси вращения при наклоне плоскости, на которой он установлен.

Применяемые гиростабилизирующие установки Н-55, ТАУ, ГУТ-9 и др. использует трехстепенные гироскопы, стабилизирующие положение съемочной камеры с точностью 10-15 минут.



# Лекция окончена

Благодарю за внимание