

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

Кафедра

“Геоэкология и инженерная геология”

2013 – 14 уч. год

Доц. Глухов А.Т.

Содержание курса

Введение.

- Применение фотограмметрии и дистанционного зондирования местности для землеустройства и формирования земельного кадастра.
- Общие понятия о фотограмметрии и дистанционном зондировании.
- Геометрические основы фотограмметрии. Свойства аэрофотоснимков.
- Дешифрирование аэроснимков.
- Трансформирование аэроснимков
- Фотограмметрическая обработка аэроснимков.
- Планово-высотное обоснование аэроснимков.
- Применение электронной геодезической техники и спутниковые методы геодезических измерений.
- Методы цифровой фотограмметрии.
- Методы дистанционного зондирования местности.

Литература

Основная

- Назаров, А.С. Фотограмметрия: пособие для студентов вузов / А.С. Назаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : ТетраСистемс, 2010. 400 с.
- Назаров, А.С. Фотограмметрия. Минск : ТетраСистемс, 2006. 330 с.
- Назаров, А.С. Средства получения цифровых снимков и методы их фотограмметрической обработки. Минск : ТетраСистемс, 2009. 99 с.
- Глухов, А.Т. Дороги, улицы и транспорт города: мониторинг, экология, землеустройство: учебное пособие // А.Т. Глухов, А.Н. Васильев, О.А. Гусева; ФГОУ ВПО “Саратовский ГТУ им. Ю.А. Гагарина”. – Саратов, 2015. – 320 с.

Дополнительная

- Новаковский, Б.А. Фотограмметрия и дистанционные методы изучения Земли. М., МГУ, 1997. 204 с.
- Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП (ГНТА)–02-036-02. — М.: ЦНИИГАиК, 2002. —49 с.
- *Интернет-ресурс*
Михелев Д.Ш. Инженерная геодезия: учебник /Е.Б. Ключин [и др.]; под ред. Д.Ш.Михелева, - 9-е изд. стер. – Электронные текстовые данные –М.: ИЦ «Академия», 2008.

Введение

1. Применение фотограмметрии и дистанционного зондирования местности для землеустройства и формирования земельного кадастра.

В различные периоды решаются следующие задачи:

В период проектирования землеустройства:

1. Сбор исходной картографической информации для решения принципиального вопроса о размещении на местности объектов землеустройства;
2. Съёмочные работы (мониторинг) в крупном масштабе для детального проектирования землеустройства и иных действий земельного права.

В период выноса на местность землеустроительного проекта:

1. Вынос и закрепление на местности границ землепользования поселений (городской черты);
2. Контроль планового положений элементов проекта землеустройства.

В период формирования и эксплуатации земельного кадастра:

1. Исполнительная съёмка по межевым знакам, закрепляющим на местности границы землепользования (положение городской черты). Контроль правильности ее положения и выявления отступлений от проекта;
2. Формирование земельного кадастра территории. Юридическое оформление документов земельного права.

2. Общие понятия о фотограмметрии и дистанционном зондировании

Фотограмметрия – научная дисциплина, изучающая способы определения формы, размеры и пространственное положение объектов земной поверхности по их фотографическим и иным изображениям в заданной системе координат.

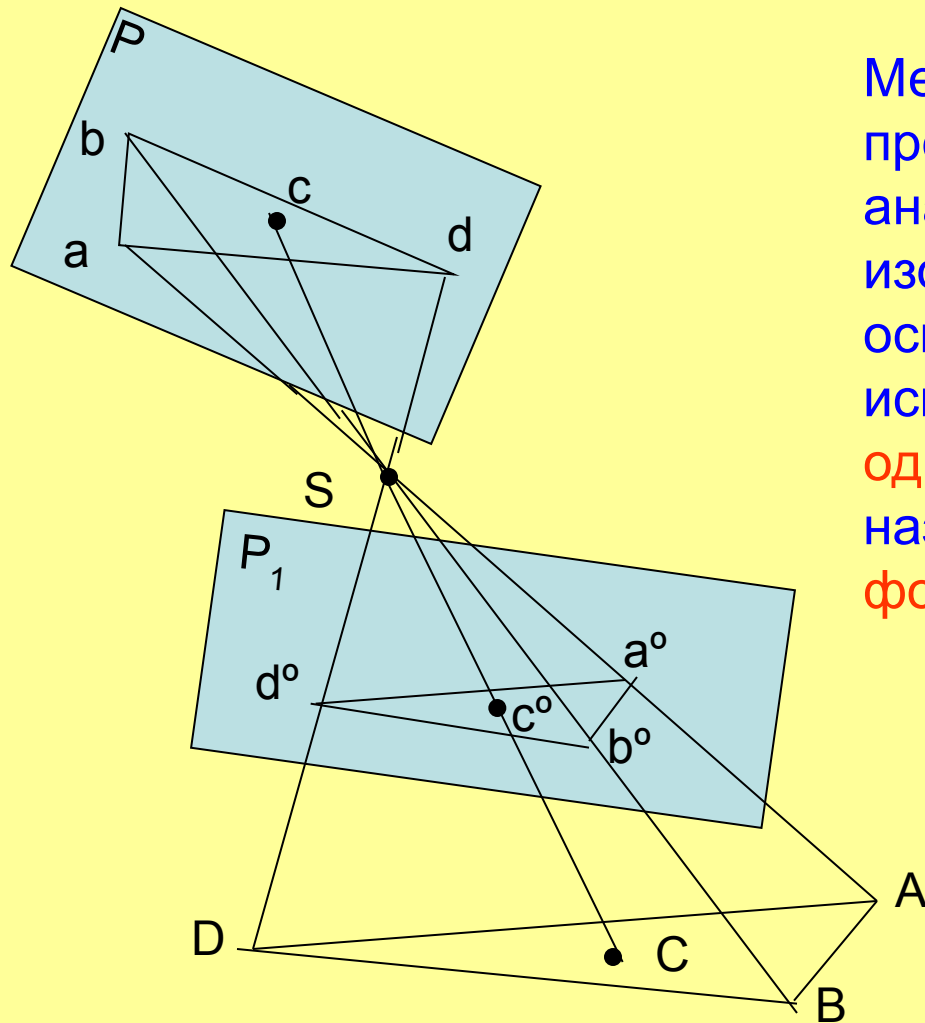
Фотограмметрия – греческий : PHOTOGRAMMETRIE:
photos – свет; *gramma* – запись; *metrio* – измерение.
Дословный перевод означает “измерение светозаписи”.

Методом фотограмметрии изучаются изображения, полученные с помощью:

1. Аналоговых аэрофотоаппаратов (АФА);
2. Цифровых аэрофотоаппаратов (ЦАФА);
3. Лазерных сканеров (ЛС);

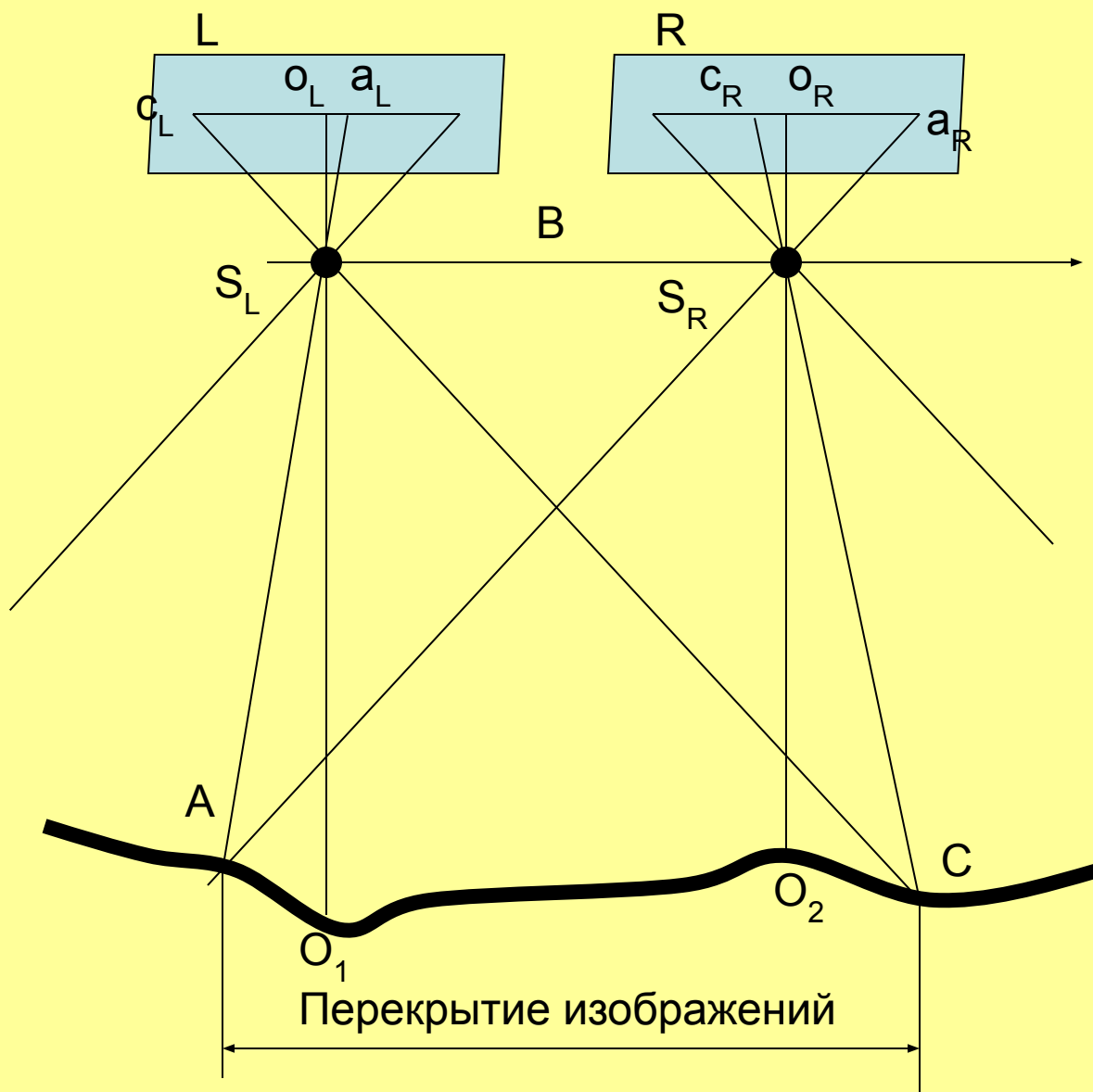
Фотографирование (сканирование) осуществляется:
с самолетов, вертолетов, аэростатов, а также с искусственных спутников
Земли (ИСЗ)

Общие понятия фотограмметрии



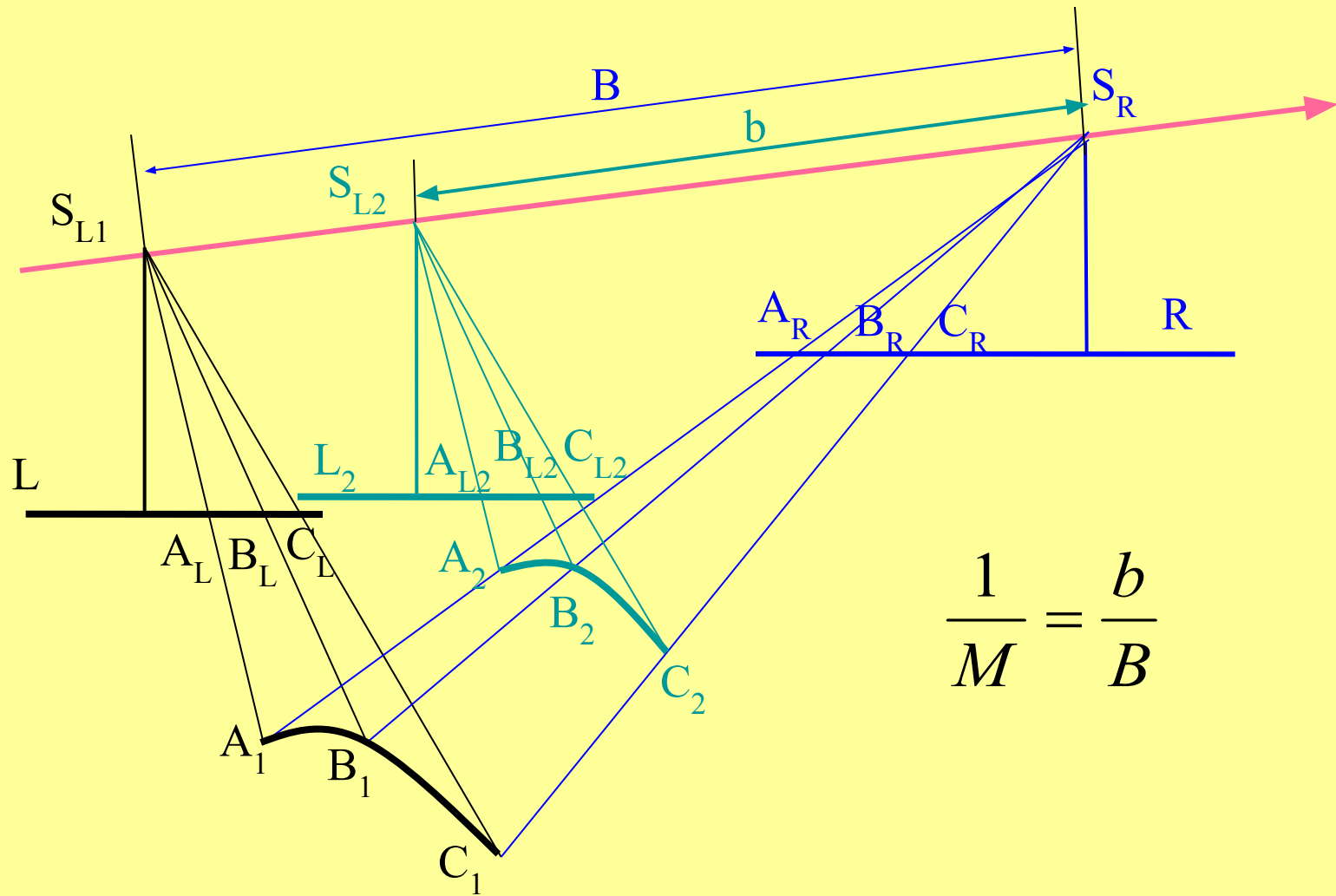
Методы построения и преобразования аналоговых и цифровых изображений, основанные на использовании **одиночного аэроснимка** называют **фотограмметрическими**

Общие понятия о фотограмметрии

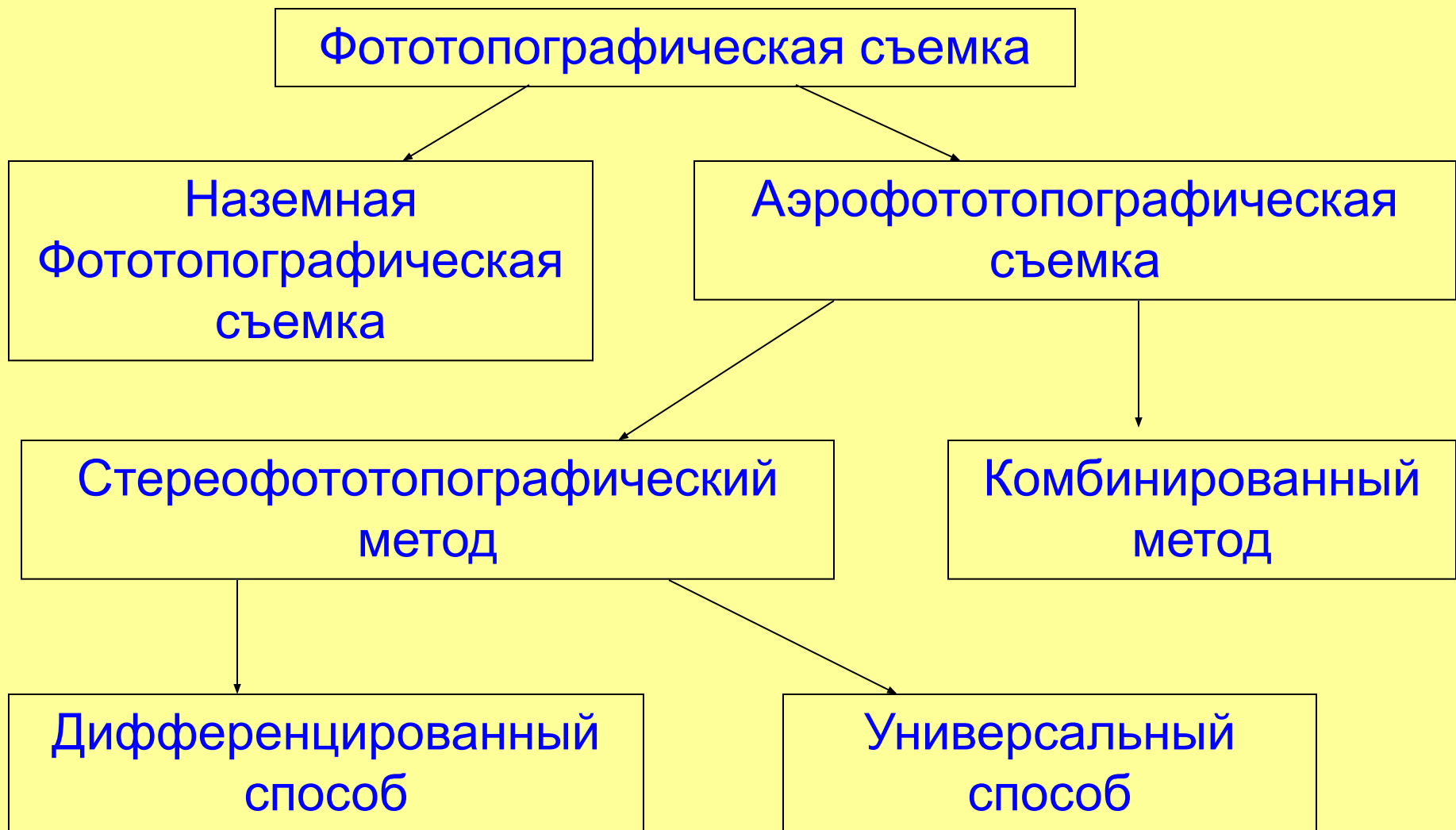


Методы построения и преобразования аналоговых и цифровых изображений основанные на использовании пары аэроснимков называют стереофотограмметрическими

Обратимость фотоизображения



Классификация видов съёмочных работ для создания планов и карт



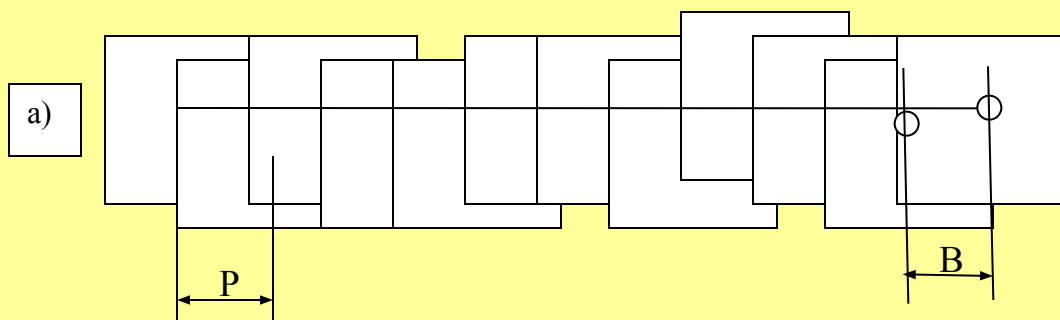
Понятие об аэрофотосъемке

Аэрофотосъемка – процесс получения изображений местности с целью их преобразования в карту или план местности.

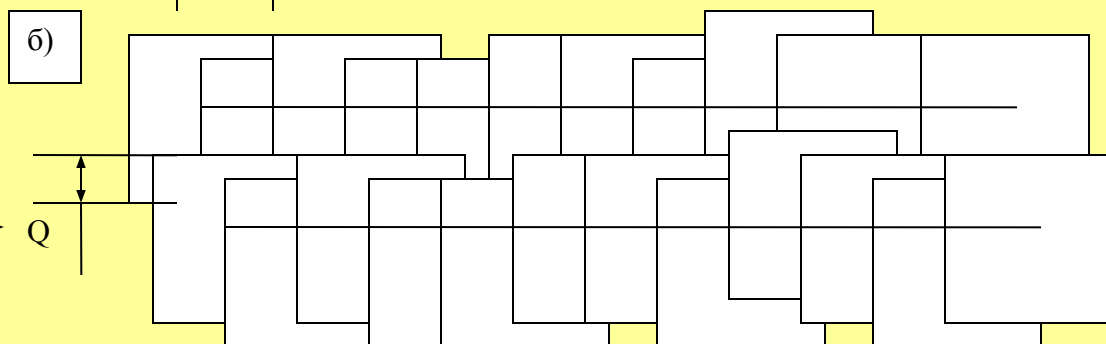
Процесс включает:

1. Летно-съёмочные работы: разработка полетного задания, проекта съёмки и ее выполнение.
2. Полевые фотолабораторные работы (использование аналоговых АФА): фотохимическая обработка аэрофильма (негативов), изготовление (печать) аэрофотоснимков.
3. Полевые фотограмметрические работы: регистрация, приемка и оценка качества аналоговых снимков; формирование синтезированных (композитных) панхроматических и цветных изображений.

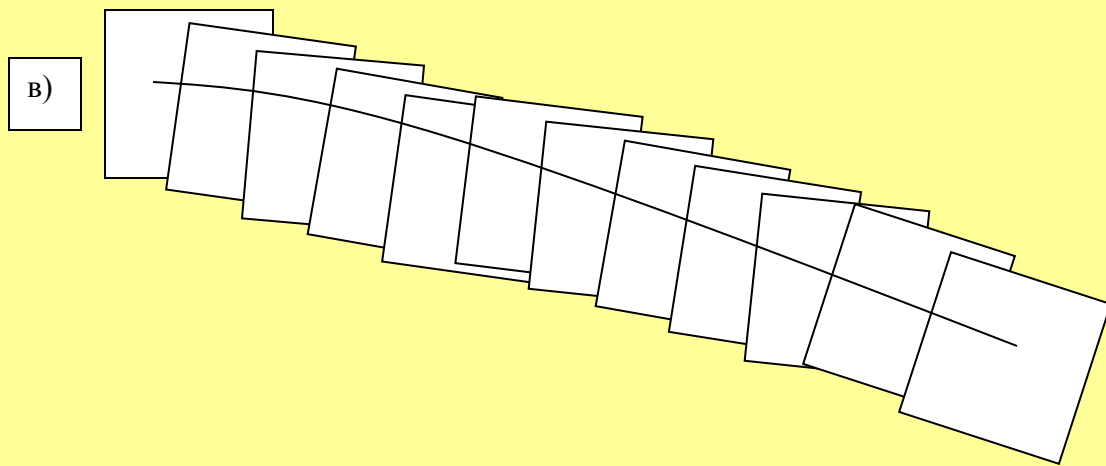
Принцип аэрофотосъемки



Маршрутн
ая съемка

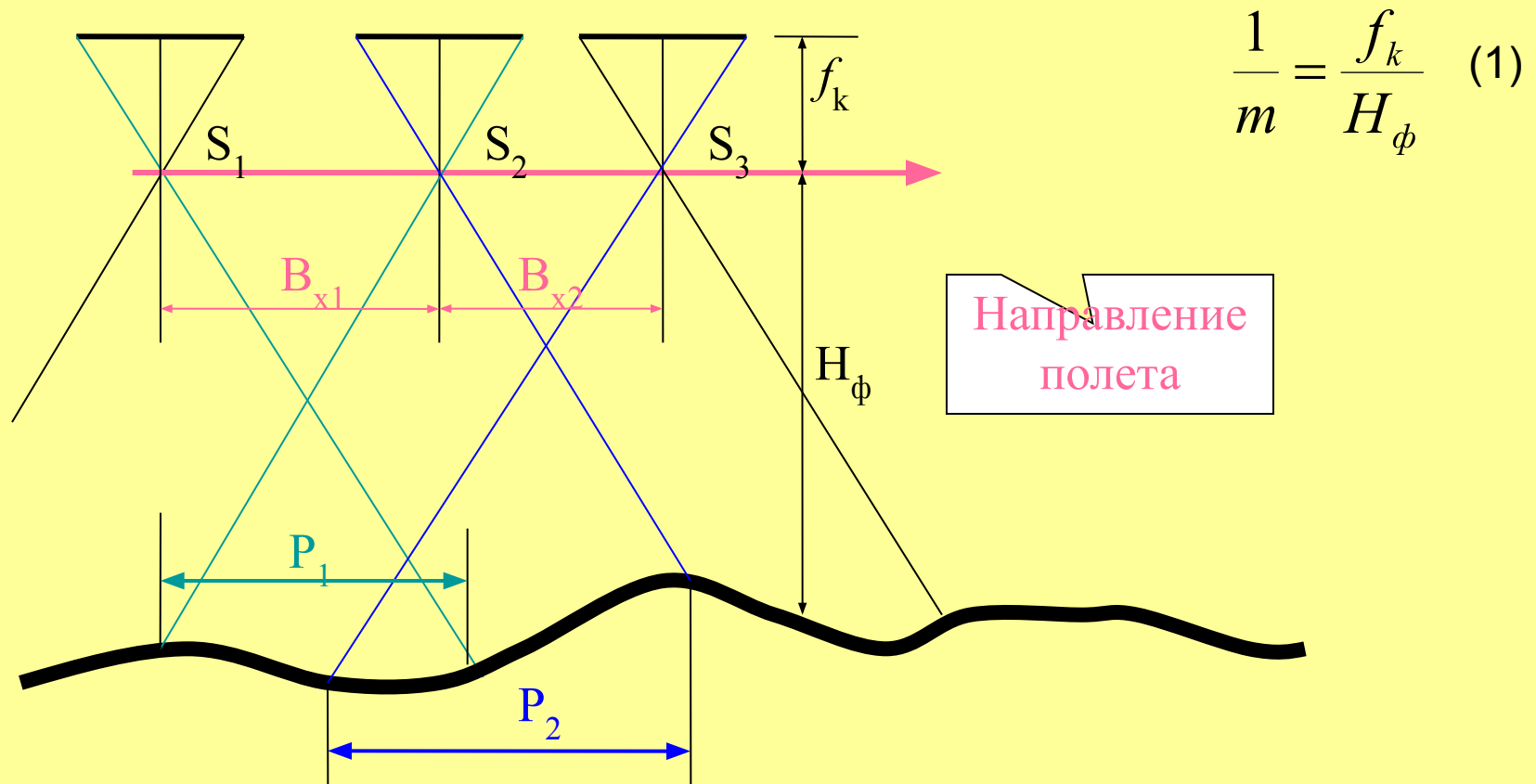


Площадная
съемка



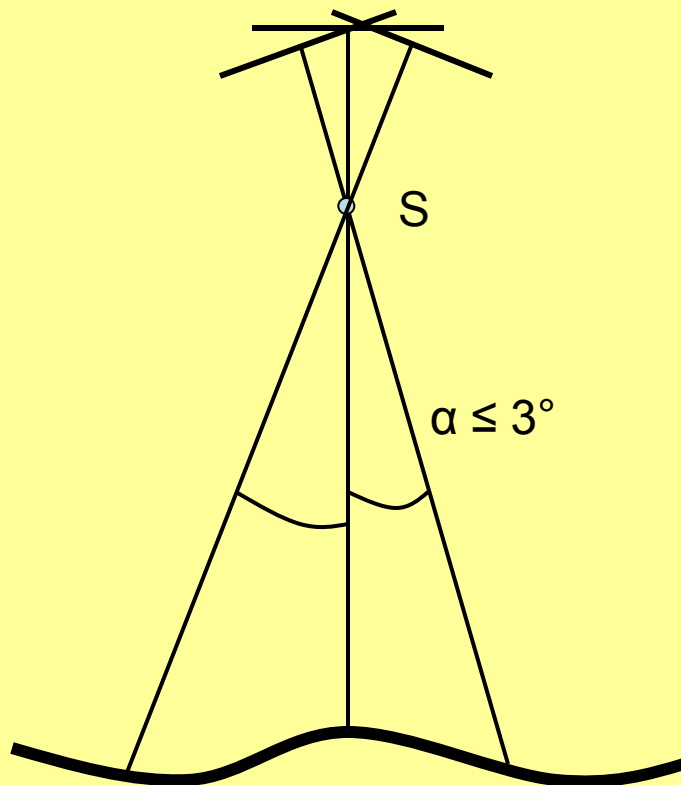
Съемка по
криволинейном
у маршруту

Схема маршрутной аэросъемки

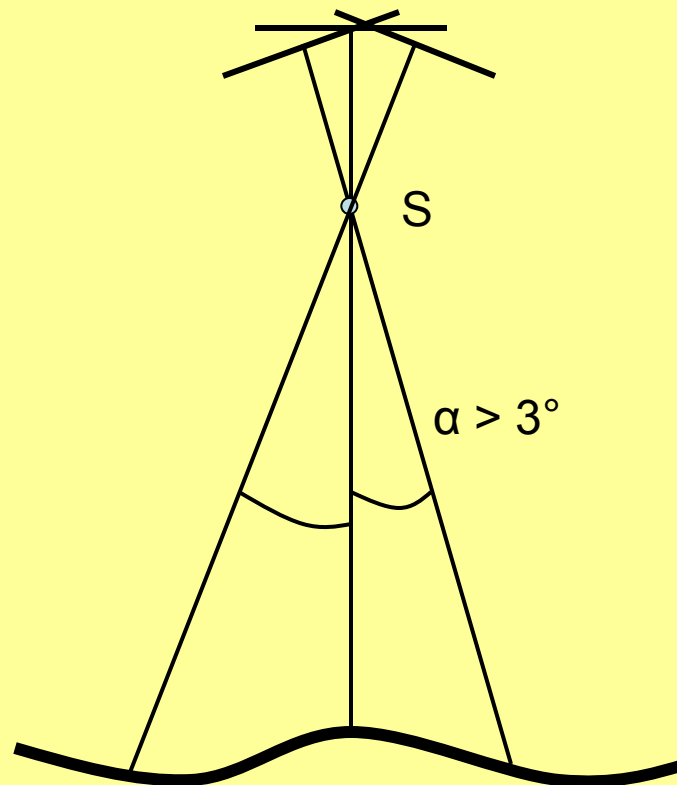


Принцип аналоговой и цифровой аэрофотосъемки

а) Плановая

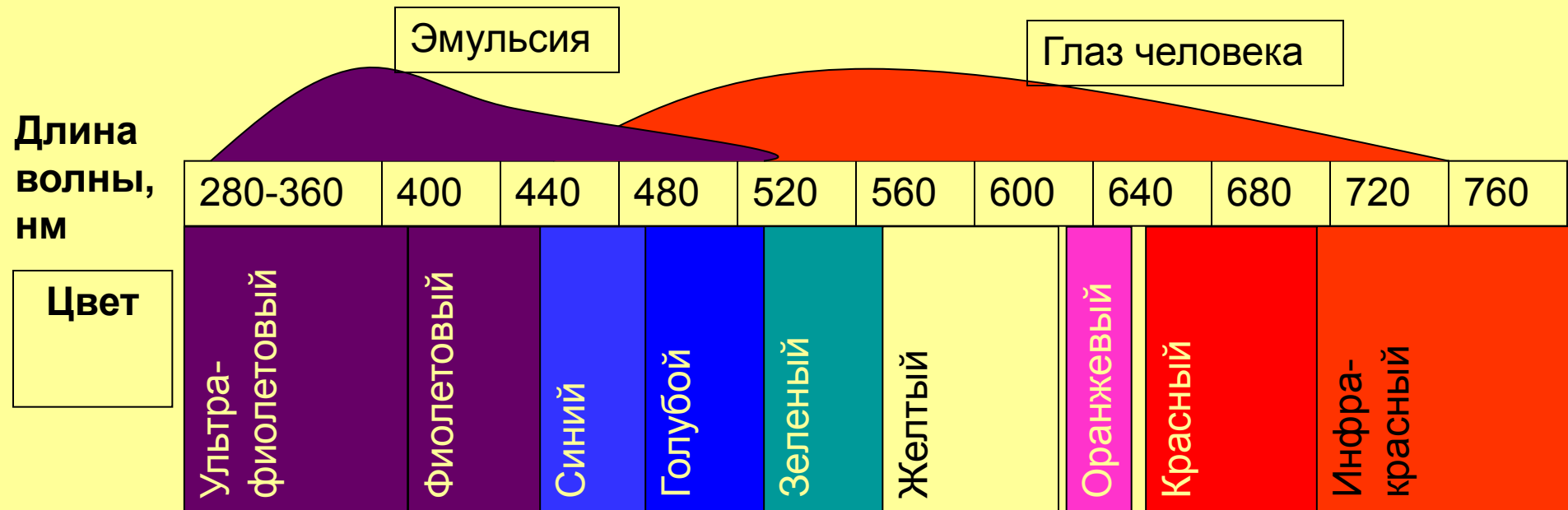


б) Перспективная



Характеристика аналоговых СНИМКОВ

- Зернистость – видимая прерывистость изображения в зависимости от размеров светочувствительных зерен;
- Разрешающая способность – максимальное число линий на снимке, отдельно изображенных на расстоянии одного миллиметра: эмульсии - $R_э = 0,25\Delta - 0,33\Delta$.
в сумме ; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{об}} + \frac{1}{R_э}$
- Контрастность – способность изображения передавать различия в яркости объектов;
- Цветопередача – цветовая чувствительность или избирательное поглощение цветовых излучений



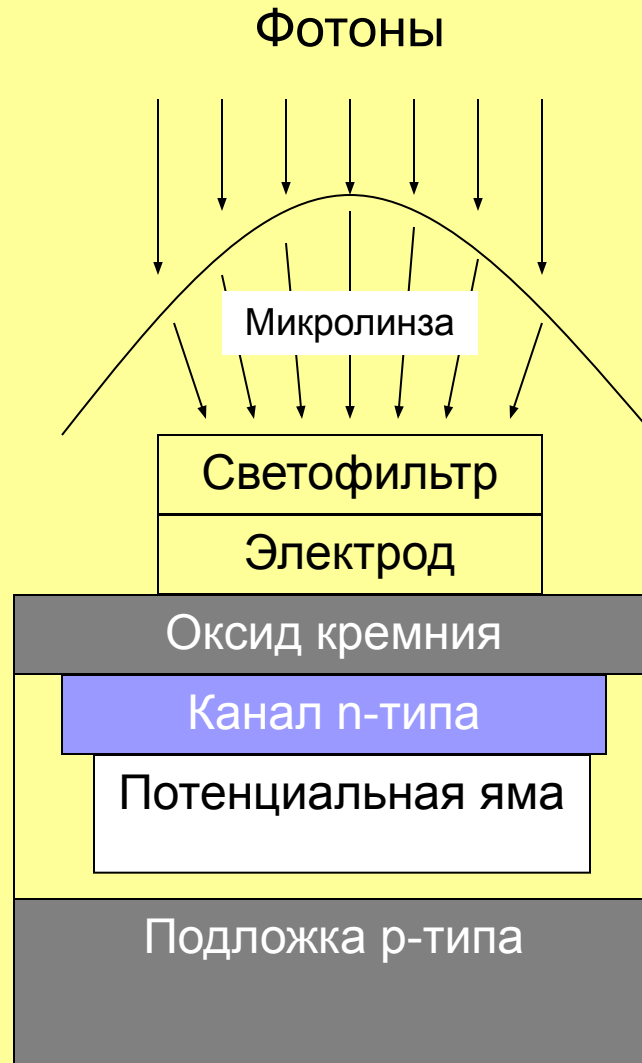
Датчики цифрового изображения

Из физики (квантовой механики) известно, что в структуре атома любого элемента выделяют три зоны:

- *валентную зону*, где размещаются электроны обладающие энергией и связанные с ядром атома;
- *зону проводимости*, где размещаются свободные электроны (отрицательный заряд) и перемещающиеся в произвольном направлении под действием электрического поля;
- *запрещенную зону*, которая свободна от электронов и является энергетическим барьером.

Датчики цифрового изображения

ПЗС-элемент – прибор с зарядовой связью



Характеристики датчиков цифрового изображения

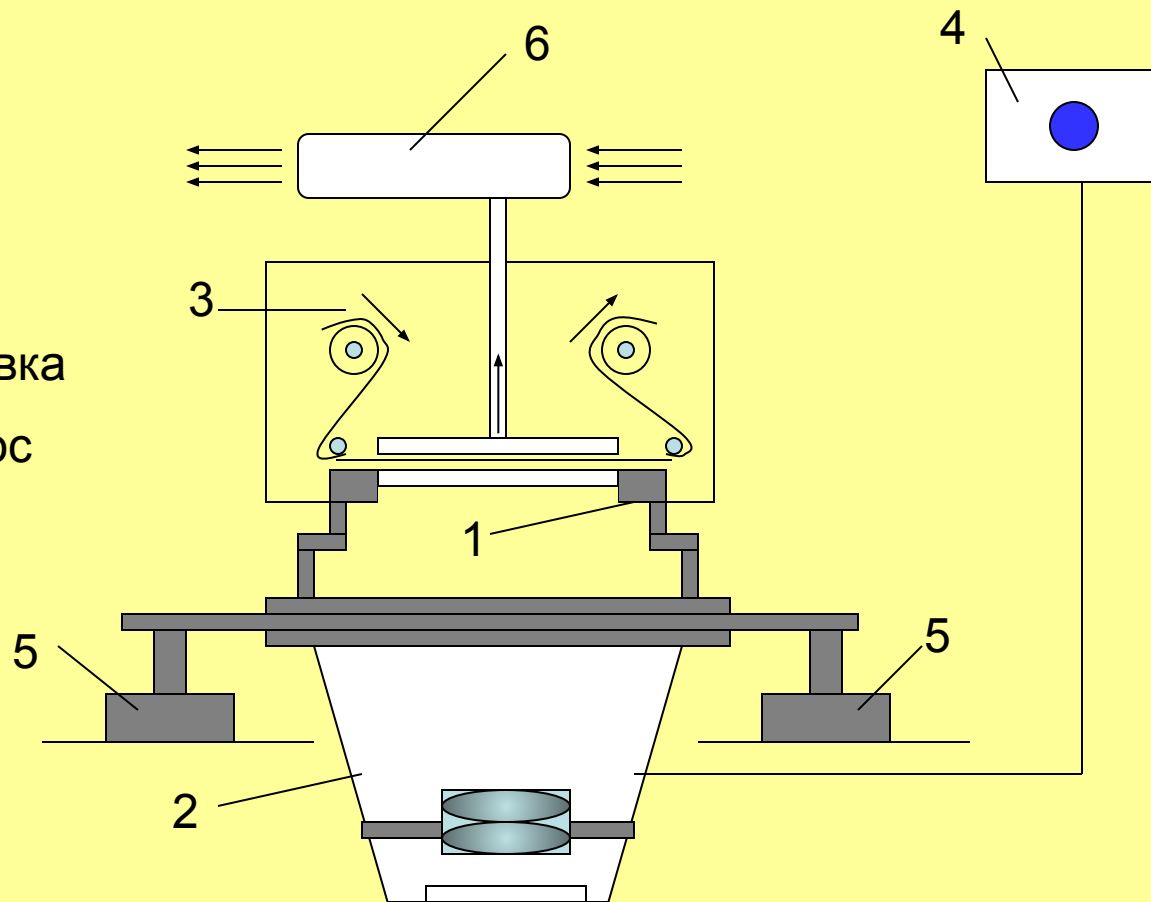
- квантовая эффективность – отношение числа зарегистрированных носителей заряда к числу фотонов, попавших в светочувствительную область;
- светочувствительность датчика ПЗС;
- светочувствительность матрицы ПЗС – способность реагировать на оптическое излучение;
- порог светочувствительности – минимальная величина регистрируемого светового сигнала;
- диапазон динамический – способность потенциальной ямы удерживать заряд определенного значения или отношение максимального выходного сигнала к уровню собственного шума;
- размер матрицы светочувствительных элементов в мегапикселах.

Дистанционное зондирование или лазерное сканирование



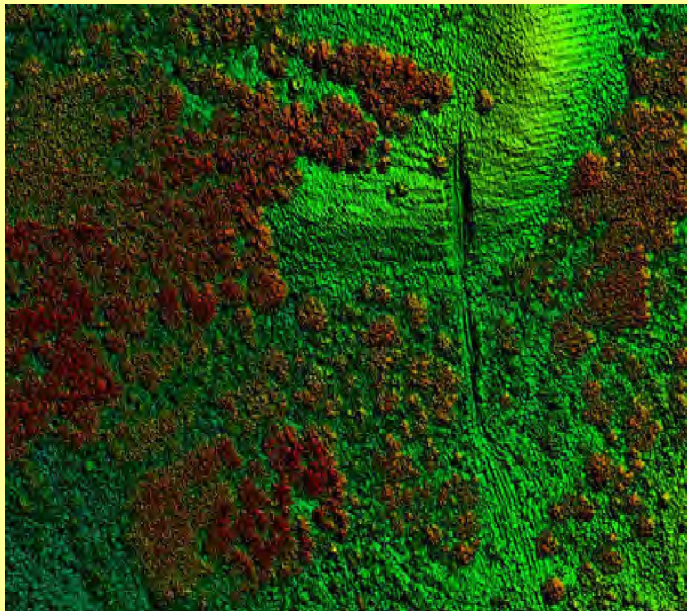
Аэрофотоаппарат - АФА

1. Корпус
2. Конус
3. Кассета
4. Командный прибор
5. Аэрофотоустановка
6. Воздушный насос



Результаты аэросъемочных работ

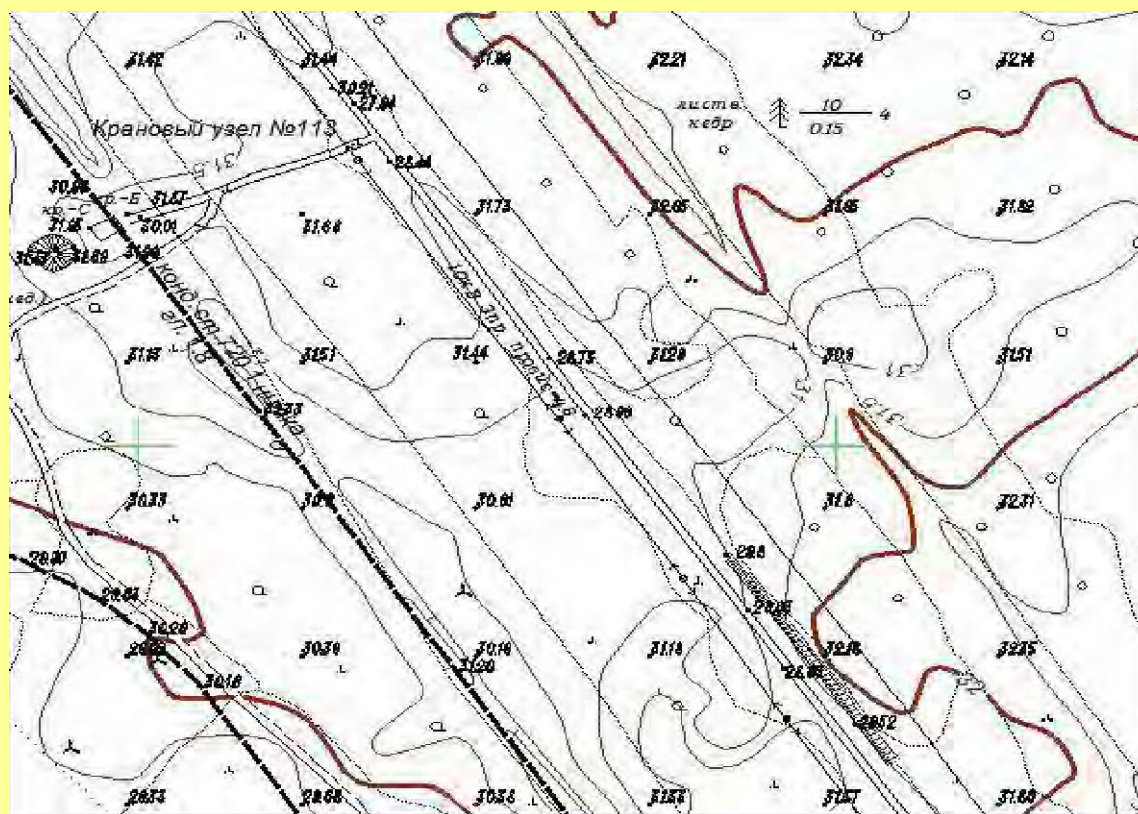
Облако точек воздушного сканирования



Аэроснимок



Фрагмент цифрового топографического плана



Дистанционное зондирование или лазерное сканирование

Leica Geosystems

Фильм. Земельный кадастр

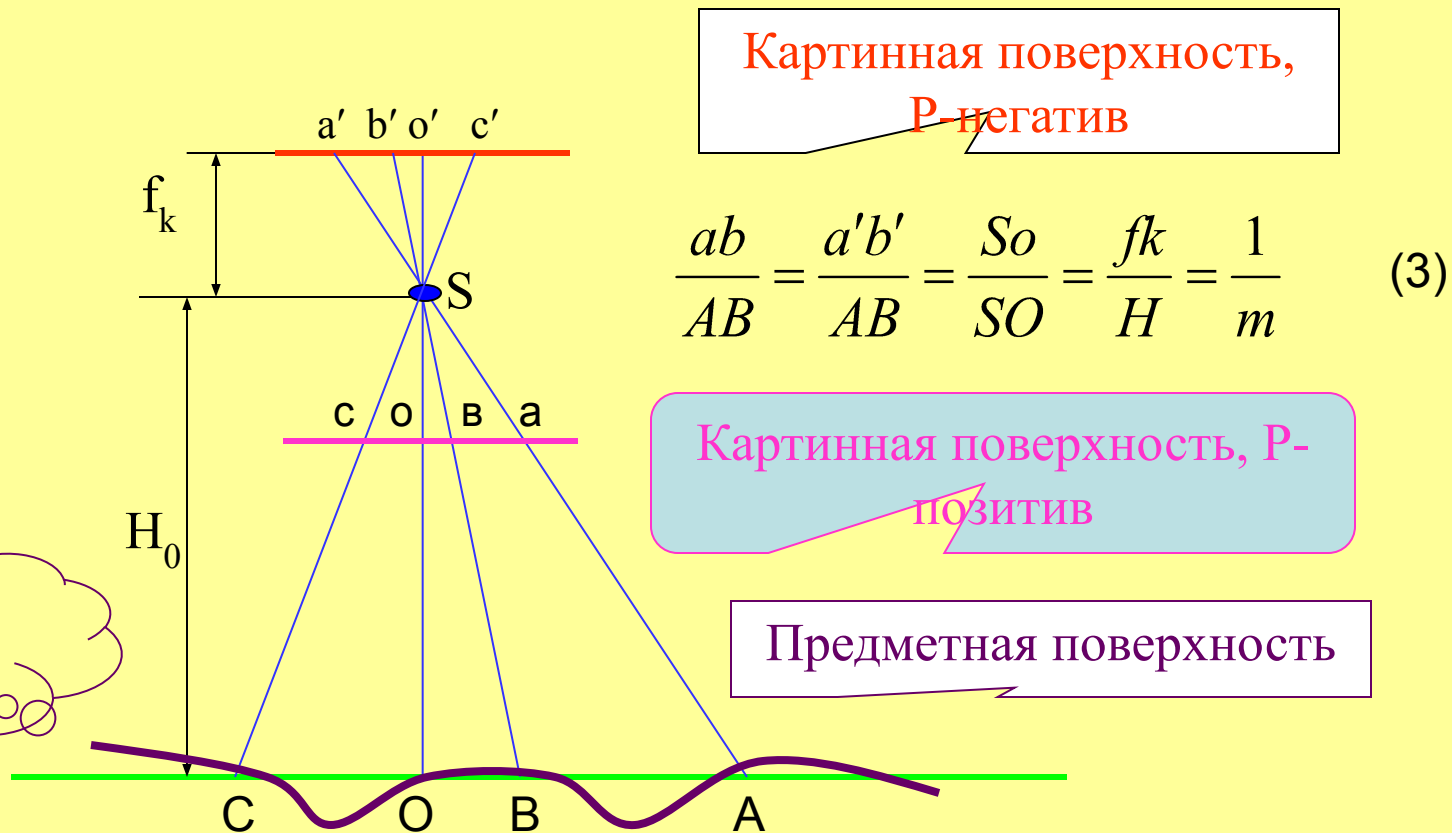
Часть 1: Основы;

Часть 2: Как это работает;

Часть 3: Примеры проектов.

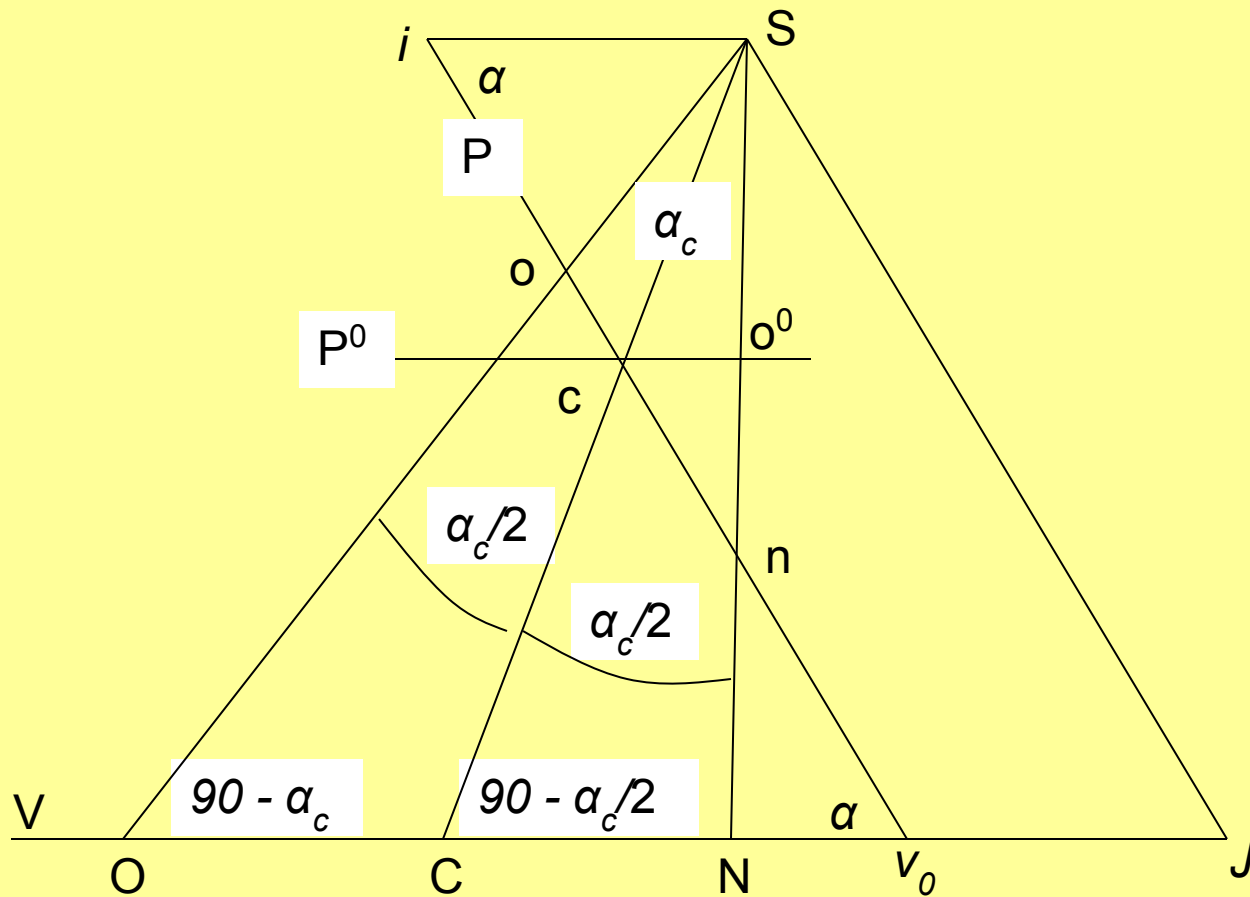
Свойства аэроснимков

Схема центральной проекции АФА



Свойства аэроснимков

Основные точки центральной проекции в теории перспективы



Свойства аэроснимков

- P – картинная плоскость, в которой строится изображение объектов (плоскость аэроснимка);
- S – центр проекции (узловая точка объектива);
- v_0 – главная точка основания картины;
- i – главная точка схода;
- $v_0 i$ – главная вертикаль;
- $v_0 V$ – проекция главной вертикали;
- J – главная точка схода предметной плоскости, точка пересечения линии картинного горизонта с плоскостью главного вертикала;
- So – главная оптическая ось съёмочной камеры, проходящая через центр проекции перпендикулярно картинной плоскости (фокусное расстояние фотокамеры);
- o – главная точка картинной плоскости (аэроснимка), точка пересечения оптической оси с картинной плоскостью;
- O – проекция главной точки картинной плоскости (аэроснимка), точка пересечения оптической оси с предметной плоскостью;
- n – точка надира, точка пересечения картинной плоскости с отвесной линией опущенной из центра проекции;
- N – проекция точки надира, точка пересечения предметной плоскости с отвесной линией, опущенной из центра проекции (SN – высота фотографирования);
- α_c – угол наклона картинной плоскости (продольный угол наклона снимка), угол отсчитываемый от оптической оси So до отвесной линии SN ;
- c – точка нулевых искажений, точка пересечения главной вертикали с биссектрисой угла наклона картинной плоскости, отсчитываемого в точке S ;
- C – проекция точки нулевых искажений на картинную плоскость (точка пересечения проекции главной вертикали с биссектрисой продольного угла наклона аэроснимка).

Свойства аэроснимков

Завиимости геометрических характеристик в теории перспективы

- $S_o = S_o^o = f$

Расстояние от центра проекции S до главной точки схода i

$$Si = ic = \frac{f}{\sin \alpha_c}$$

- $on = f \operatorname{tg} \alpha_c$

Расстояние от главной точки картины o до точки нулевых искажений c

$$oc = f \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha_c}{2} \right) = f \frac{1 - \operatorname{Cos} \alpha_c}{\operatorname{Sin} \alpha_c}$$

- $oi = f \operatorname{ctg} \alpha_c$

- $SN = H$

Расстояние от центра проекции S до точки схода предметной поверхности J

$$SJ = iv_o = \frac{H}{\operatorname{Sin} \alpha_c}$$

- $ON = H \operatorname{tg} \alpha_c$

- $SN = f / \operatorname{Cos} \alpha_c$

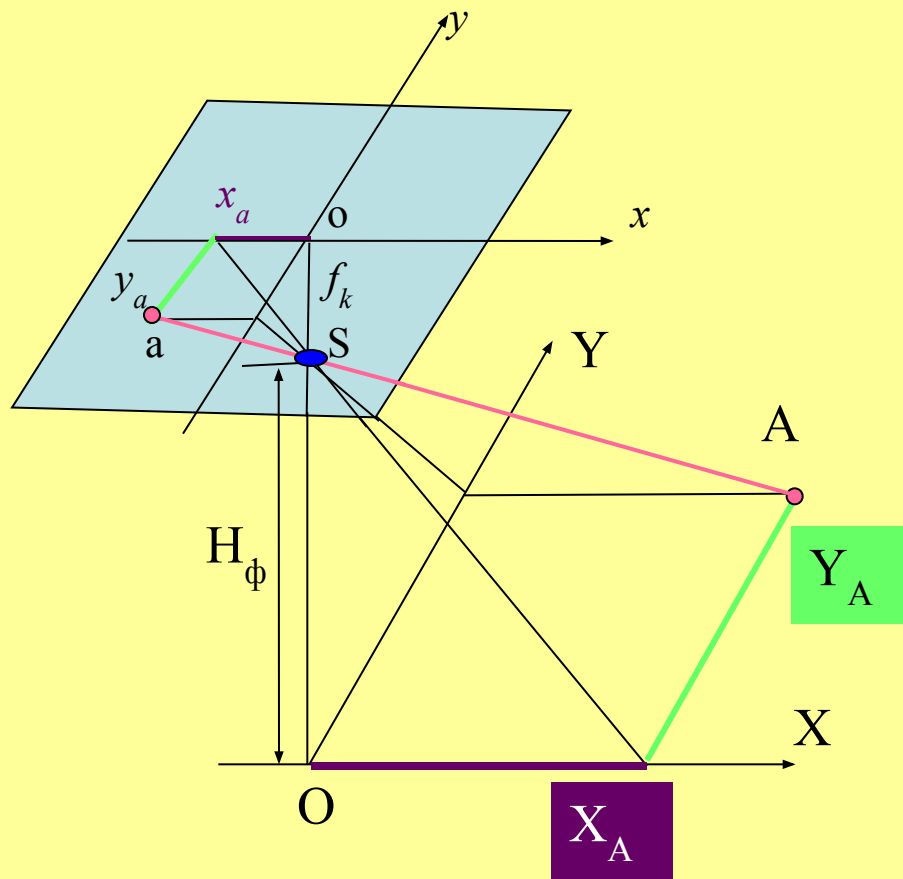
- $iv_o = H / \operatorname{Sin} \alpha_c$

Расстояние от точки нулевых искажений c до точки основания картины v_o

$$Cv_o = cv_o = \frac{H - f}{\operatorname{Sin} \alpha_c}$$

Свойства аэроснимков

Зависимость координат точек местности
и координат точек снимка



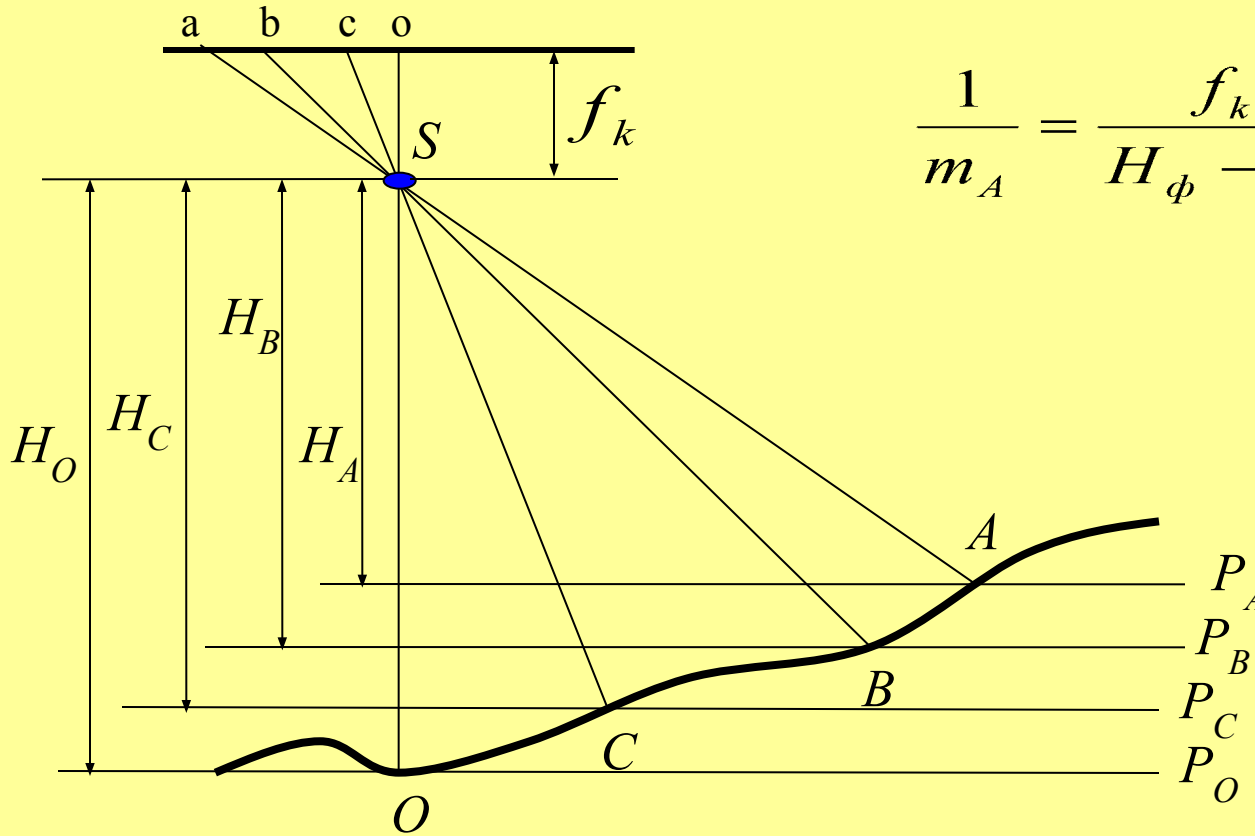
$$\frac{x_a}{X_A} = \frac{y_a}{Y_A} = \frac{f_k}{H_\phi} \quad (4)$$

$$X_A = x_a \frac{H_\phi}{f_k}; \quad (5)$$

$$Y_A = y_a \frac{H_\phi}{f_k}$$

Свойства аэроснимков

Влияние рельефа на масштаб изображения



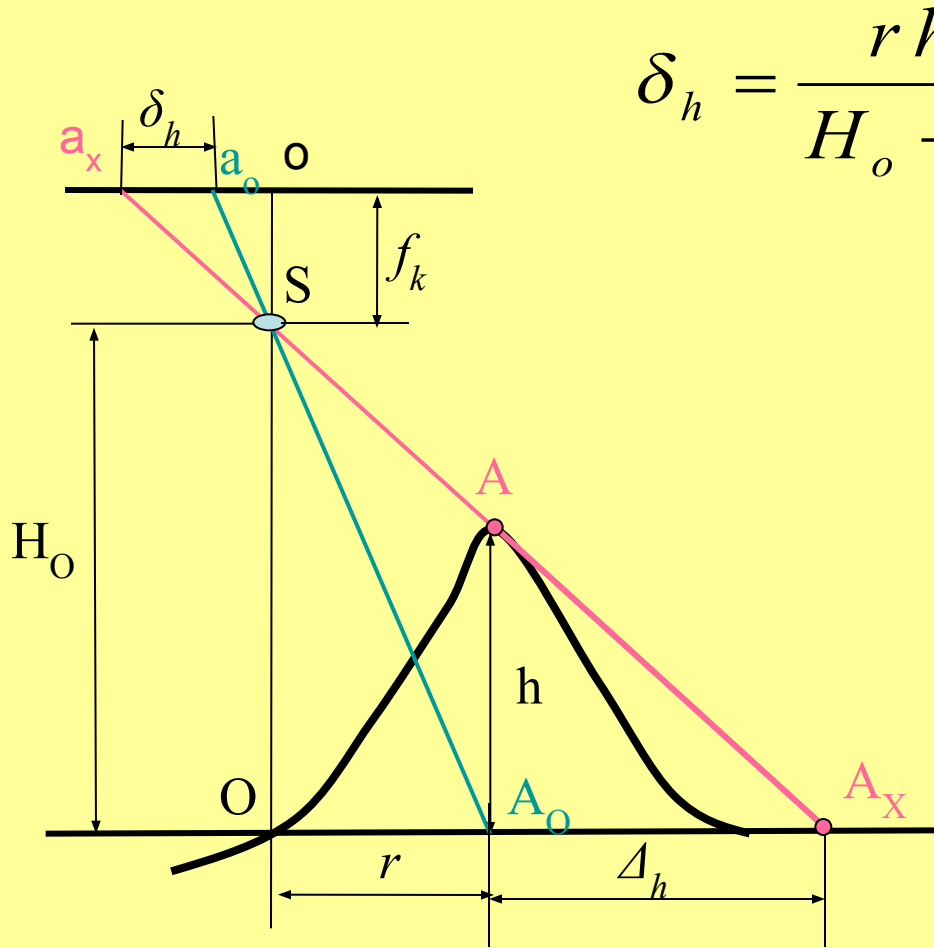
$$\frac{1}{m_A} = \frac{f_k}{H_\phi - h_A}; \quad (6)$$

$$\frac{1}{m_B} = \frac{f_k}{H_\phi - h_B};$$

$$\frac{1}{m_C} = \frac{f_k}{H_\phi - h_C}$$

$$\frac{1}{m} = \frac{f_k}{H_0 - h} \quad (7)$$

Влияние рельефа на масштаб изображения

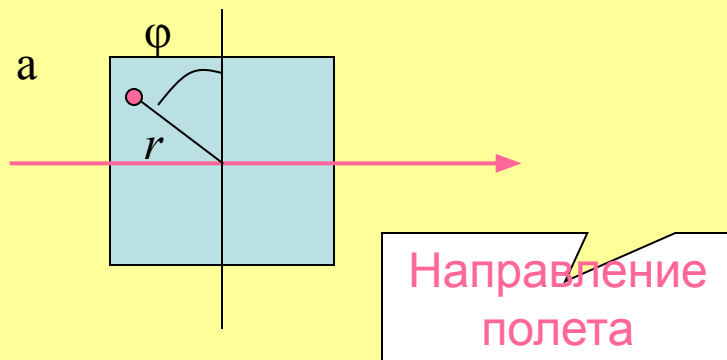
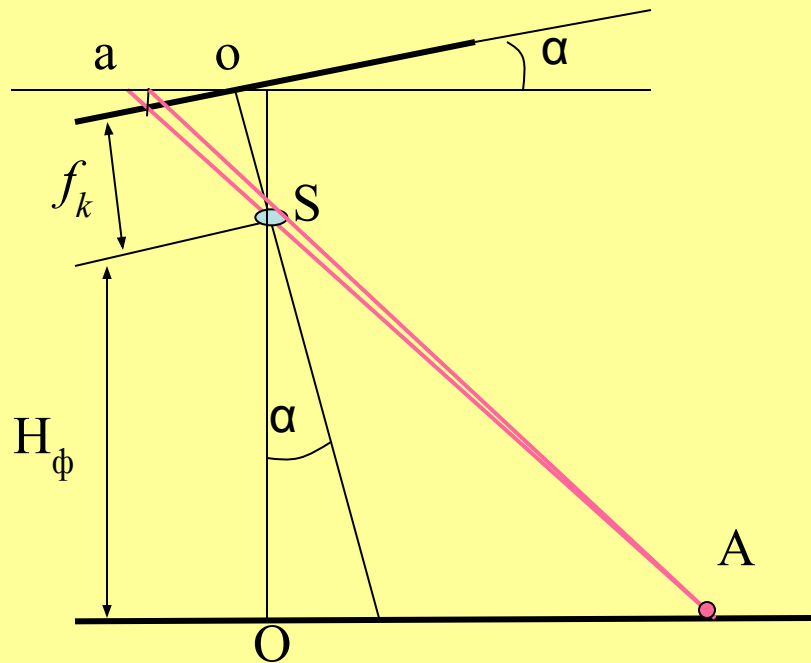


$$\delta_h = \frac{r h}{H_0 - h} \quad (8)$$

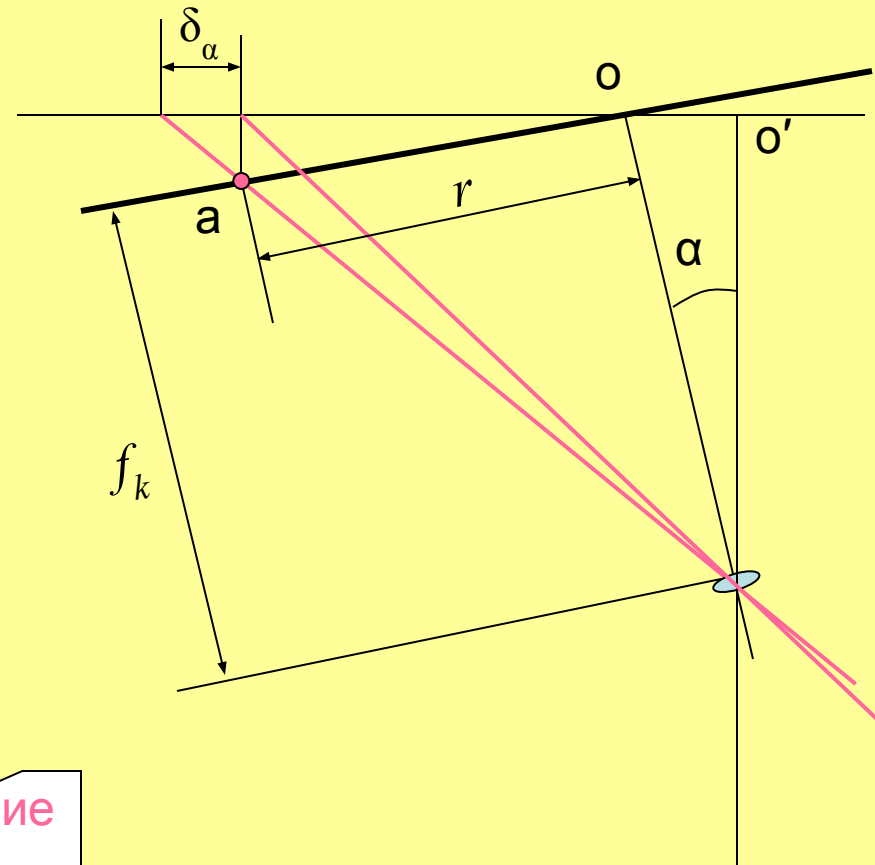
$$X_A = x_a \frac{H_0 - h}{f_k}; \quad (9)$$

$$Y_A = y_a \frac{H_0 - h}{f_k}$$

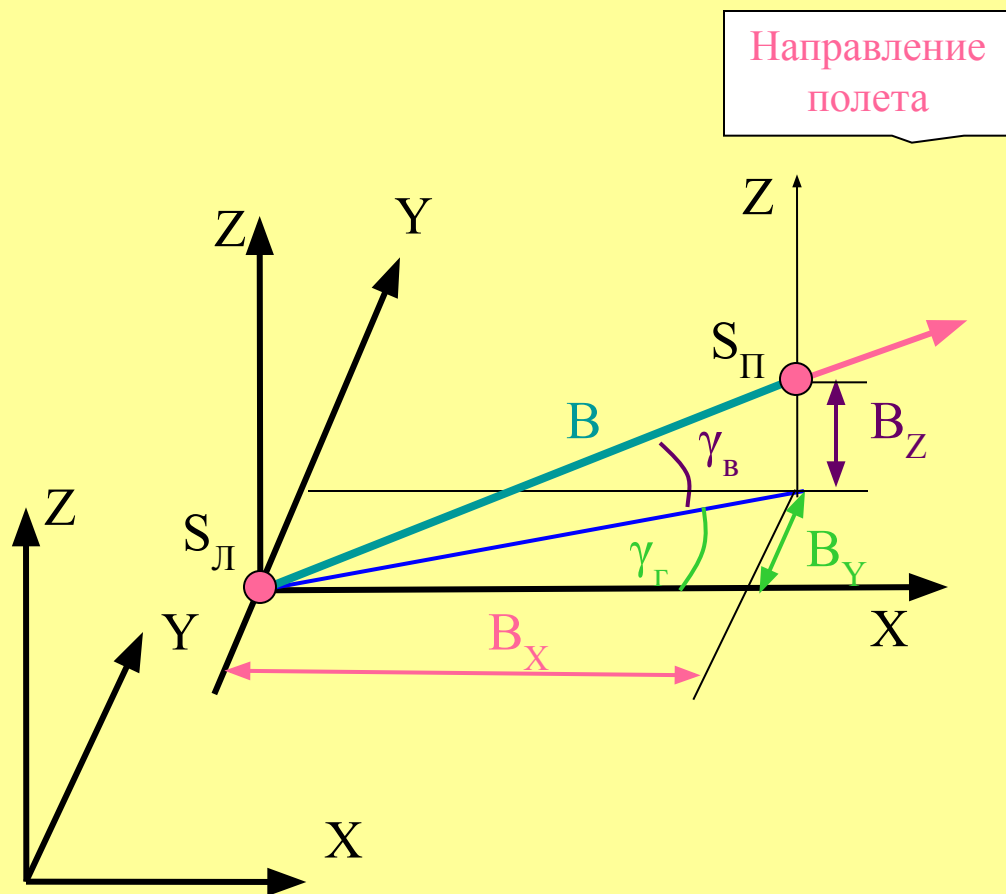
Влияние продольного угла наклона на масштаб изображения



$$\delta_\alpha = -\frac{r^2}{f_k} \text{Sin} \alpha * \text{Sin} \varphi$$



Элементы ориентирования снимков



$$\begin{aligned} &XS_{Л}, YS_{Л}, HS_{Л}, \alpha_{Л}, \omega_{Л}, \eta_{Л} \\ &XS_{П}, YS_{П}, HS_{П}, \alpha_{П}, \omega_{П}, \eta_{П} \end{aligned} \quad (12)$$

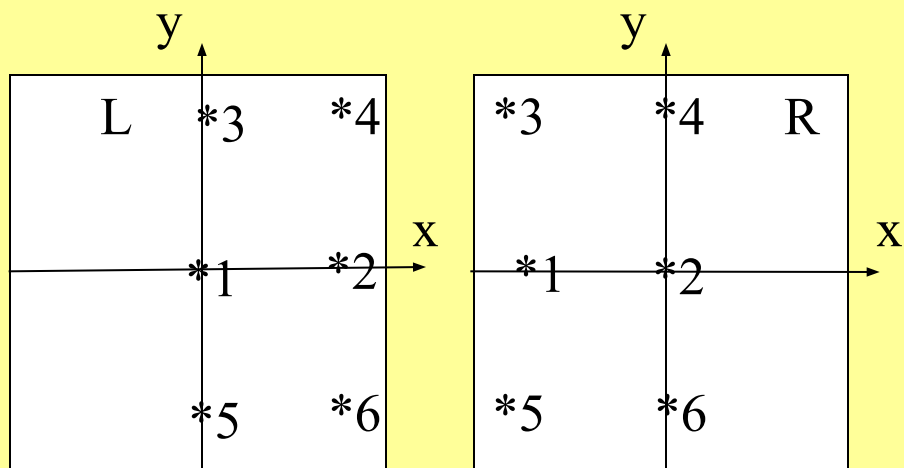
$$\begin{aligned} &XS_{Л}, YS_{Л}, HS_{Л}, \alpha_{Л}, \omega_{Л}, \eta_{Л}, \\ &\Delta X, \Delta Y, \Delta H, \Delta \alpha, \Delta \omega, \Delta \eta, \end{aligned} \quad (13)$$

где

$$\begin{aligned} \Delta X &= B_x = B \cos \gamma_B \cos \gamma_{Г} \\ \Delta Y &= B_y = B \cos \gamma_B \sin \gamma_{Г} \\ \Delta H &= B_z = B \sin \gamma_B \end{aligned} \quad (14)$$

Определение элементов ориентирования снимков

Стандартное расположение
точек стереопары



$$\alpha_{\text{Л}} = -\frac{f_k \rho}{2by} (q_4 - q_6) \quad (15)$$

$$\alpha_{\text{П}} = -\frac{f_k \rho}{2by} (q_3 - q_5) \quad (16)$$

$$\Delta\alpha = \alpha_{\text{Л}} - \alpha_{\text{П}} \quad (17)$$

$$\varpi_{\text{Л}} - \varpi_{\text{П}} = \Delta\varpi = \quad (18)$$

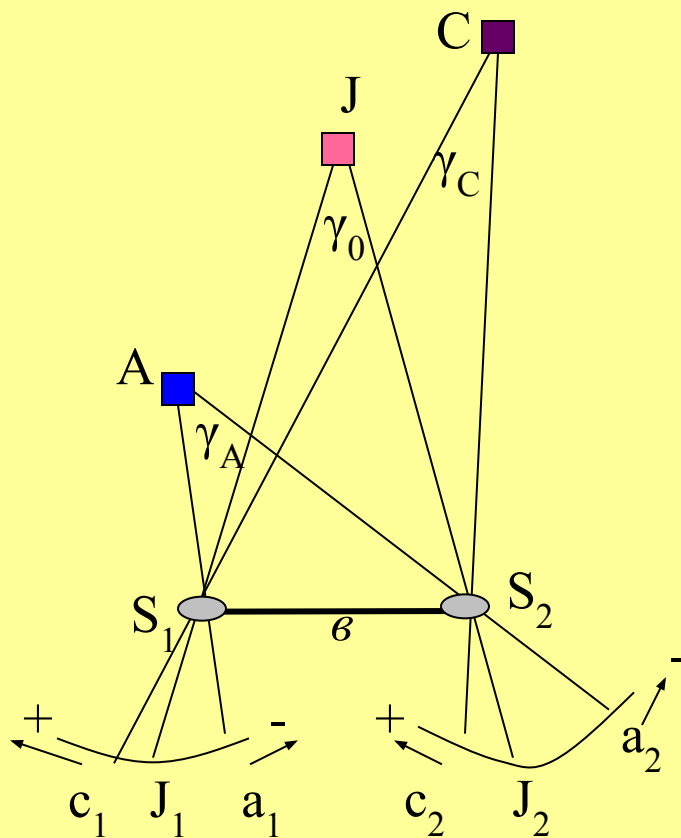
$$= \varepsilon = \frac{f_k \rho}{4y^2} (q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

$$\eta_{\text{Л}} = \eta_{\text{П}} = \frac{f_k}{b} \varepsilon \quad (19)$$

3. Дешифрирование аэроснимков

4. Фотограмметрическая обработка аэроснимков

Схема бинокулярного зрения



$$\gamma_A > \gamma_0 > \gamma_C$$

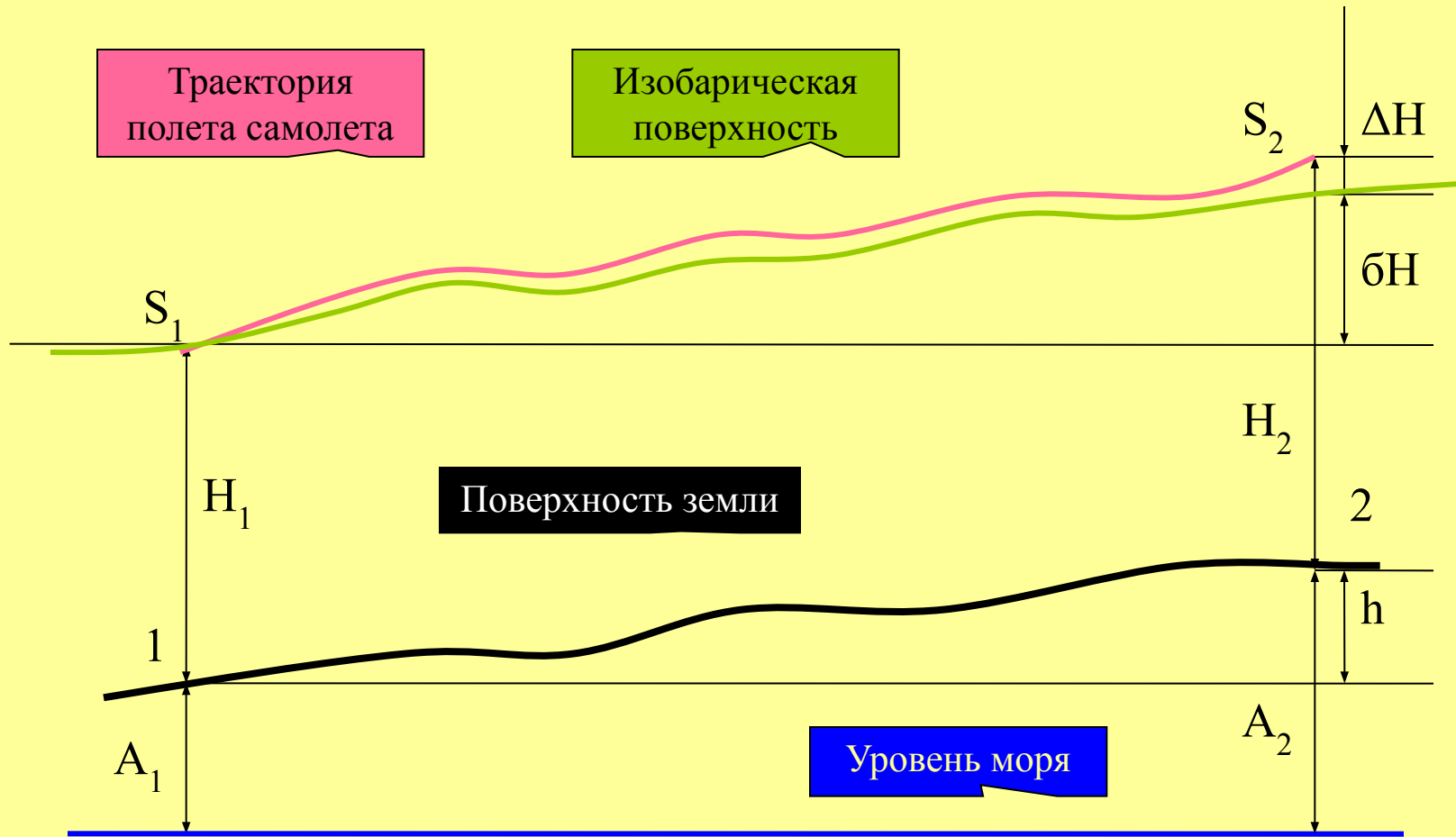
$$p_j = 0,$$

$$p_A = J_1 a_1 - J_2 a_2,$$

$$p_C = J_1 c_1 - J_2 c_2$$

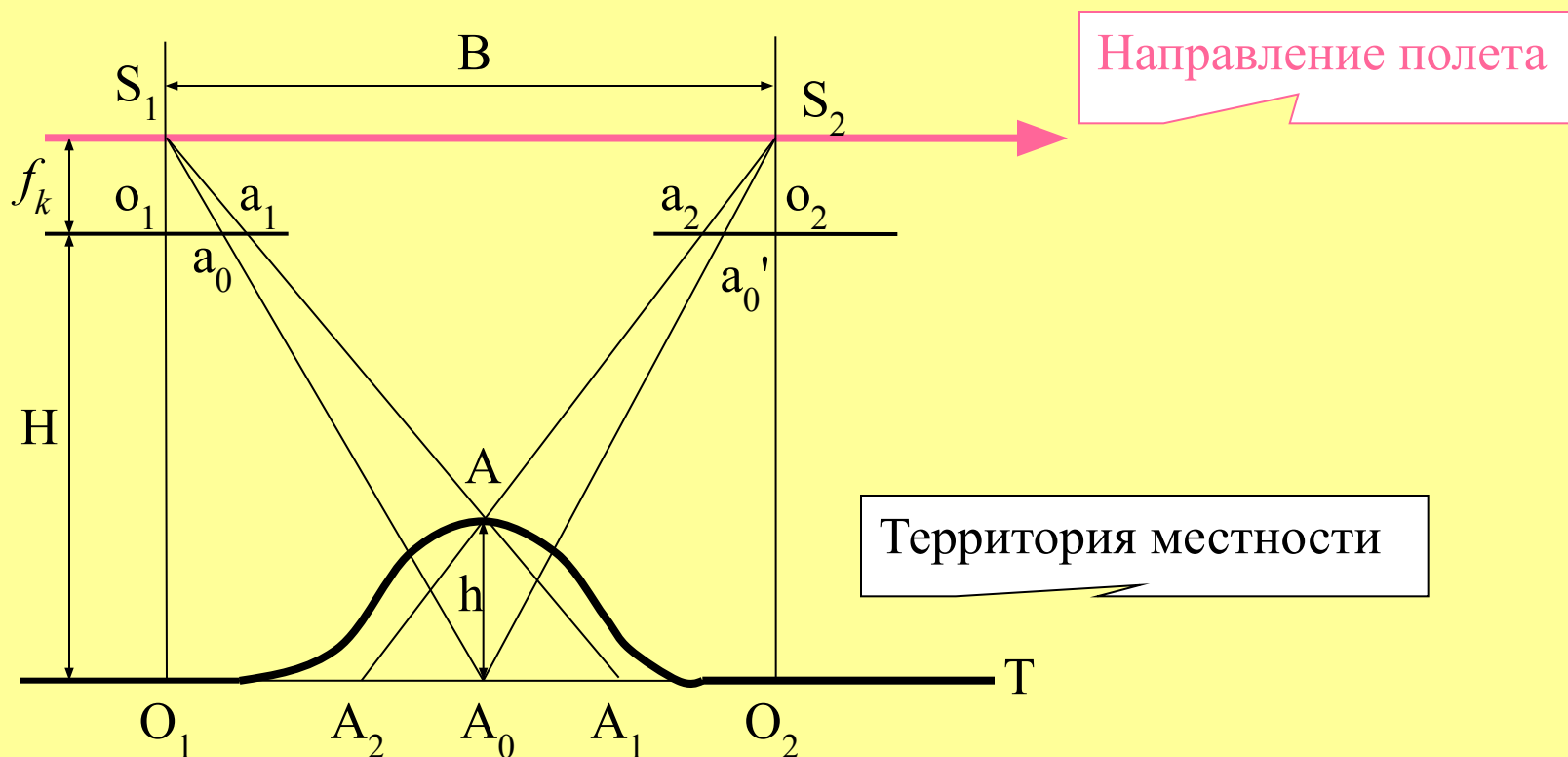
Аэронивелирование

$$h = H_1 - H_2 + \Delta H + \delta H \quad (2)$$



Фотограмметрическая обработка аэроснимков

Определение превышений



$$\frac{B}{A_1 A_2} = \frac{H - h}{h} \Rightarrow h = \frac{A_1 A_2 * H}{B + A_1 A_2} \quad (20)$$

Определение превышений по аэроснимкам

$$\frac{B}{A_1 A_2} = \frac{H - h}{h} \quad h = \frac{A_1 A_2 * H}{B + A_1 A_2} \quad (20)$$

$$B = A_0 O_1 + A_0 O_2 = \frac{H}{fk} (a_0 o_1 + a_0' o_2) = \frac{H}{fk} (x_{\text{л}}^o - x_{\text{п}}^o) = \frac{H}{fk} P_0$$

$$\frac{A_0 A_2}{a_0 a_2} = \frac{A_0 A_1}{a_0 a_1} = \frac{H}{fk}$$

$$P_0 = x_{\text{л}}^o - x_{\text{п}}^o = B$$

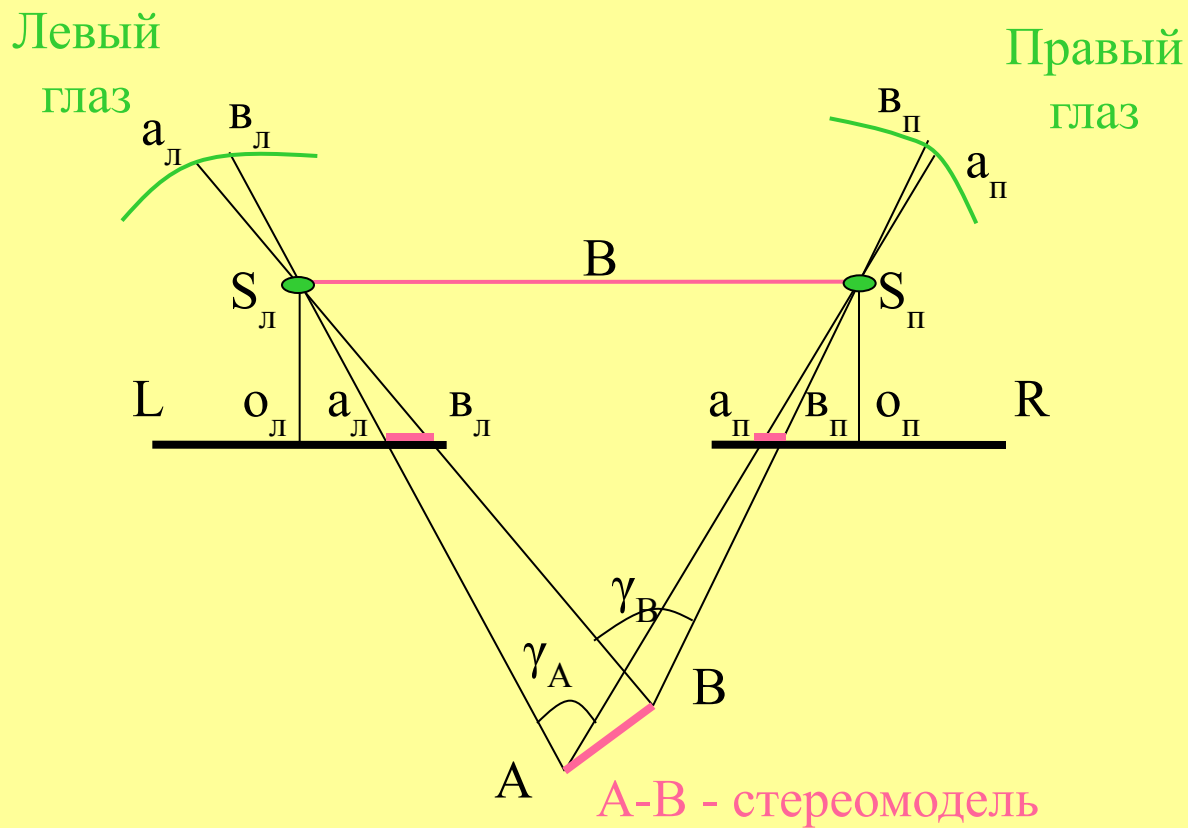
$$A_1 A_2 = A_0 A_2 + A_0 A_1 = \frac{H}{fk} (x_{\text{л}}^a - x_{\text{п}}^a - x_{\text{л}}^o + x_{\text{п}}^o)$$

$$P_a = x_{\text{л}}^a - x_{\text{п}}^a$$

$$B = \frac{H}{f_k} P_0;$$

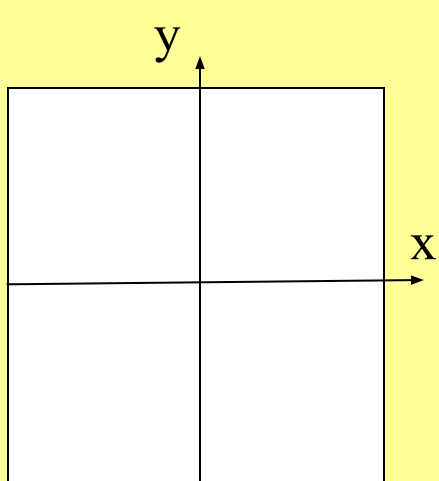
$$A_1 A_2 = \frac{H}{f_k} (P_a - P_0) = \frac{H}{f_k} \Delta P \quad \longrightarrow \quad h = \frac{\Delta P * H}{P_0 + \Delta P} \quad (21)$$

Принцип измерения параллаксов и превышений

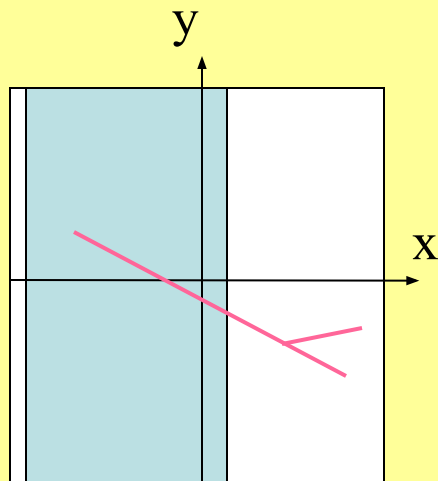


Нивелирование по аэроснимкам

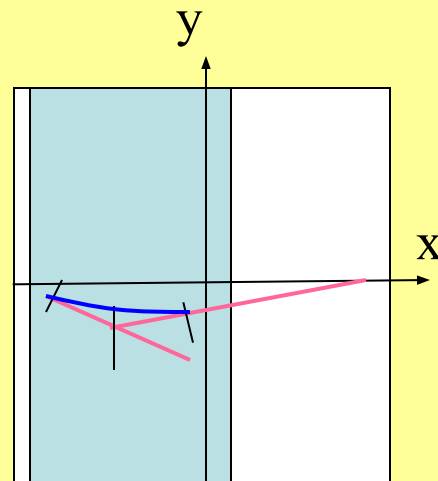
№ 1



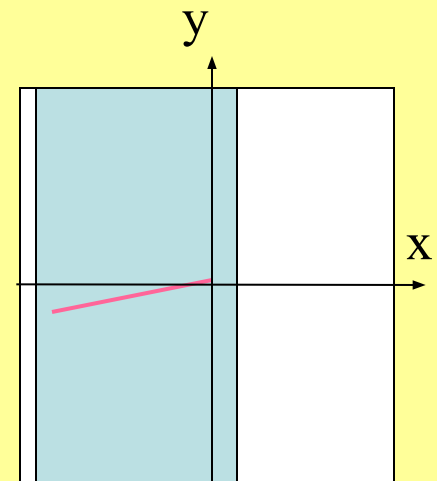
№ 2



№ 3



№ 4



Журнал нивелирования по аэроснимкам

№№ ПП	Пикет	Отсчеты по винту параллаксом, мм			Разность паралла ксов	Превышения	Отметки
		ПК +	P_1	P_2			

Стереопара: снимки № _____, _____; $b = 61,0$ мм; $H = 1156$ м; $A_{ц} = 145.31$ м.

Исходный	Центр правого снимка	61,1	60,8	60,95	0,0		
1	ПК 0	62,3	62,4	62,35	+1,40	+25.9	
2	ПК 1	62,7	62,9	62,8	+1,85	+34.0	
3	ПК 2	62,5	62,8	62,65	+1,70	+31.3	

$$P_{cp} = (P_1 + P_2)/2$$

$$\Delta P = P_{cp(i)} - P_{cp(ц)}$$

$$A_i = A_{ц} + h$$

$$h = \frac{\Delta P * H}{b + \Delta P}$$

Трансформирование аэроснимков

Трансформирование - преобразование центральной перспективной ($\alpha > 3^\circ$) проекции снимков в их плановое положение ($\alpha = 0^\circ$)

- Способы прансформирования:

1. Аналитический: по формулам при измерении координат и параллаксов на стереокомпараторе;
2. Фотомеханический: на приборах – фототрансформаторах с получением трансформированных снимков;
3. Оптико-графический: на приборах – фототрансформаторах с перерисовкой изображений в ручном режиме;
4. Дифференциальный: (фотомеханический) с учетом высоты рельефа;
5. Цифровой: комбинация аналитического и фотомеханического способов при использовании компьютерной техники.

Трансформирование аэроснимков

- Аналитическое трансформирование по формулам при измерении координат и параллаксов на стереокомпараторе:

$$X = \frac{A_1x + A_2y + A_3}{C_1x + C_2y + 1}; \quad Y = \frac{B_1x + B_2y + B_3}{C_1x + C_2y + 1} \quad (22)$$

$$\text{где } A_1 = \frac{a_1H}{c_3f}; A_2 = \frac{a_2H}{c_3f}; A_3 = -\frac{a_3H}{c_3};$$

$$B_1 = \frac{b_1H}{c_3f}; B_2 = \frac{b_2H}{c_3f}; B_3 = \frac{b_3H}{c_3};$$

$$C_1 = -\frac{c_1}{c_3f}; C_2 = -\frac{c_2}{c_3f}$$

Определение направляющих КОСИНУСОВ

В формулах (22) коэффициенты $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ называют направляющими косинусами. Вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} a_1 &= \text{Cosa} * \text{Cos}\eta - \text{Sina} * \text{Sin}\varpi * \text{Sin}\eta; & b_1 &= \text{Cos}\varpi * \text{Sin}\eta; \\ a_2 &= -\text{Cosa} * \text{Cos}\eta - \text{Sina} * \text{Sin}\varpi * \text{Cos}\eta; & b_2 &= \text{Cos}\varpi * \text{Cos}\eta; \\ a_3 &= -\text{Sina} * \text{Cos}\varpi; & b_3 &= -\text{Sin}\varpi; \\ c_1 &= \text{Sina} * \text{Cos}\eta + \text{Cosa} * \text{Sin}\varpi * \text{Sin}\eta; \\ c_2 &= -\text{Sina} * \text{Sin}\eta - \text{Cosa} * \text{Sin}\varpi * \text{Cos}\eta; \\ c_3 &= \text{Cosa} * \text{Cos}\varpi. \end{aligned} \tag{23}$$

где α, ϖ, η – угловые элементы ориентирования снимков.
Устанавливают по формулам (15) – (19).

Трансформирование аэроснимков

2. Фотомеханический: на приборах – фототрансформаторах с получением трансформированных снимков;

2.1. Оптическое условие трансформирования

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{D} + \frac{1}{d}$$

2.2. Геометрическое условие трансформирования:

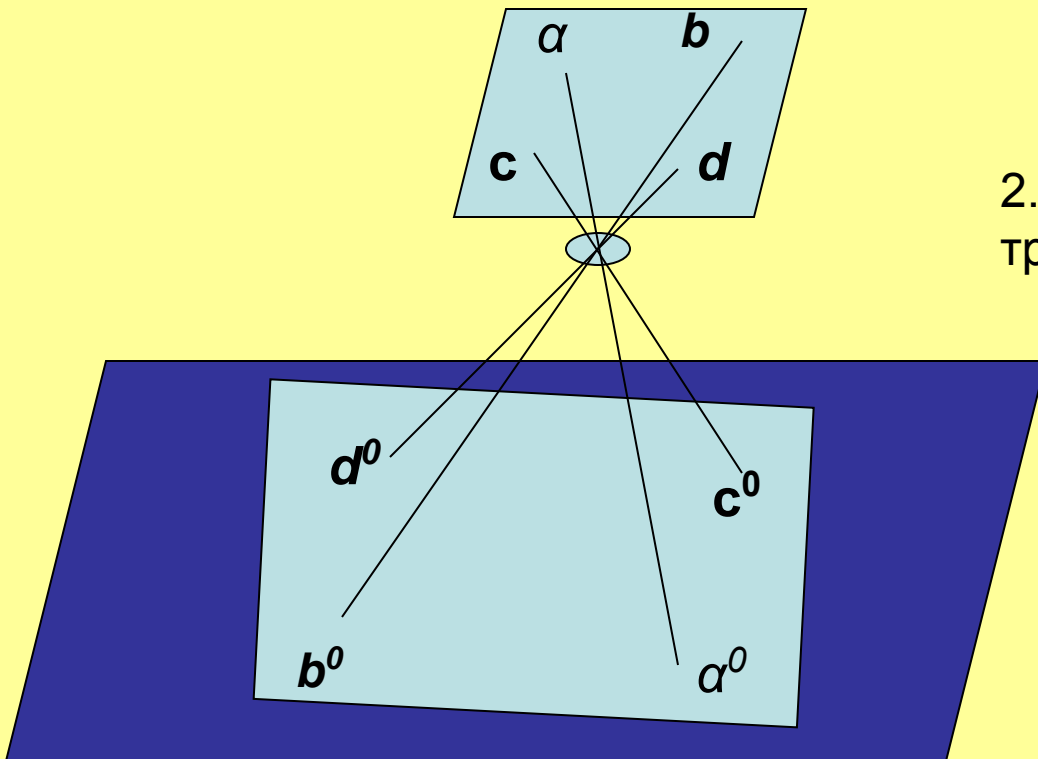
Соответствие координат картинной и предметной плоскостей

$$x_a \equiv Xa^0; \quad y_a \equiv Ya^0$$

$$x_b \equiv Xb^0; \quad y_b \equiv Yb^0$$

$$x_c \equiv Xc^0; \quad y_c \equiv Yc^0$$

$$x_d \equiv Xd^0; \quad y_d \equiv Yd^0$$

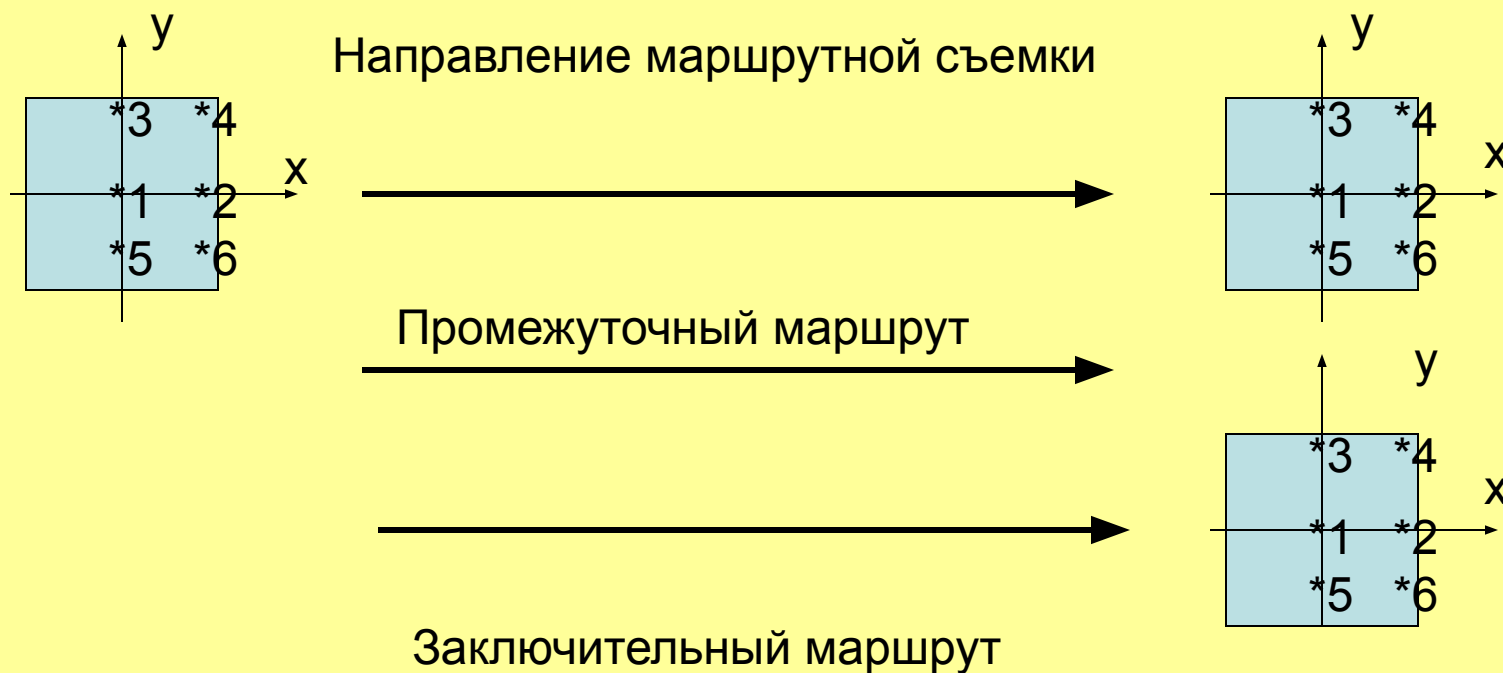


Трансформирование аэроснимков

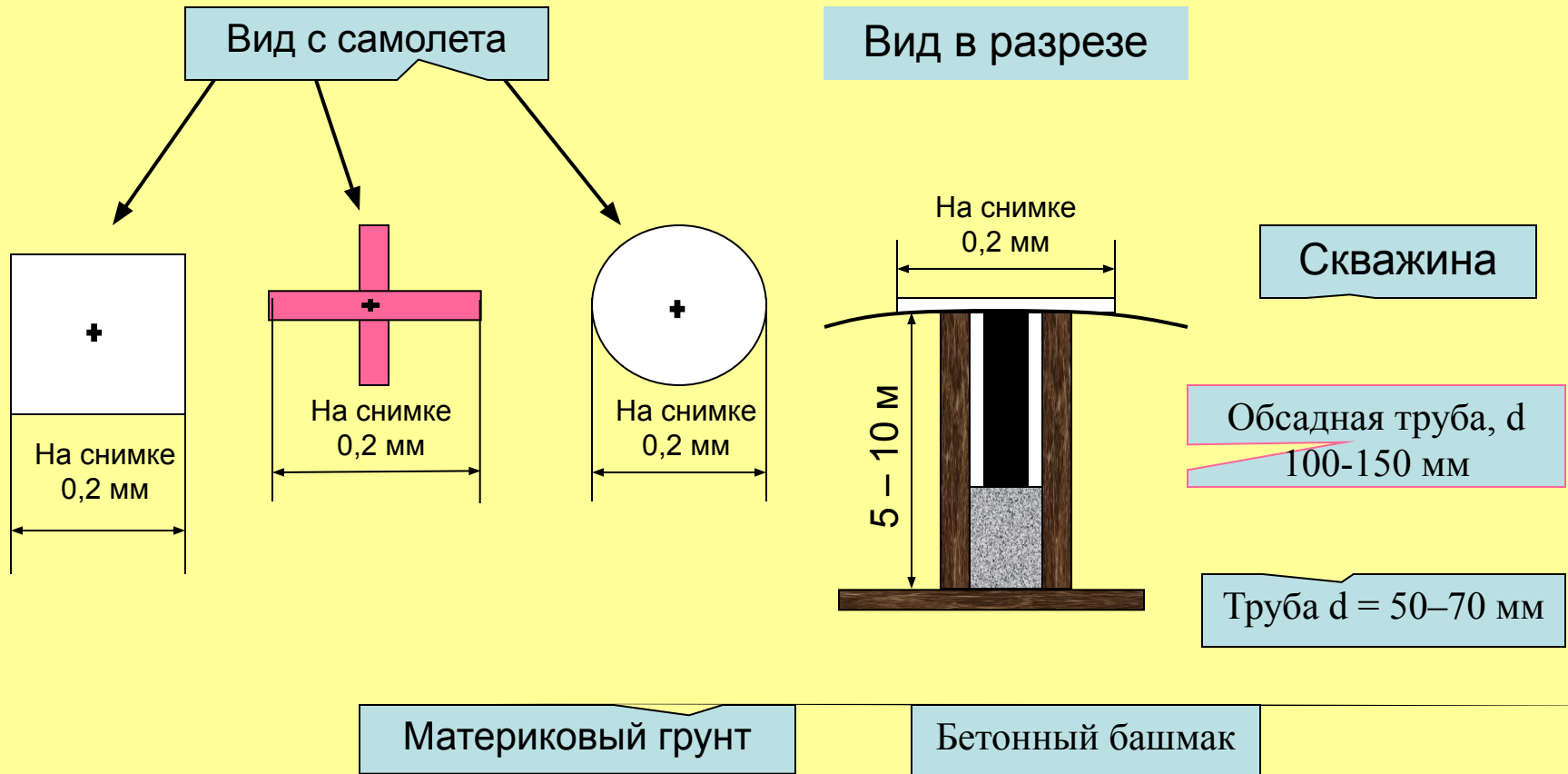
3. Оптико-графический: на приборах – фототрансформаторах с перерисовкой изображений в ручном режиме;
4. Дифференциальный: (фотомеханический) с учетом высоты рельефа;
5. Цифровой: комбинация аналитического и фотомеханического способов при использовании компьютерной техники.

5. Планово-высотное обоснование или привязка аэроснимков

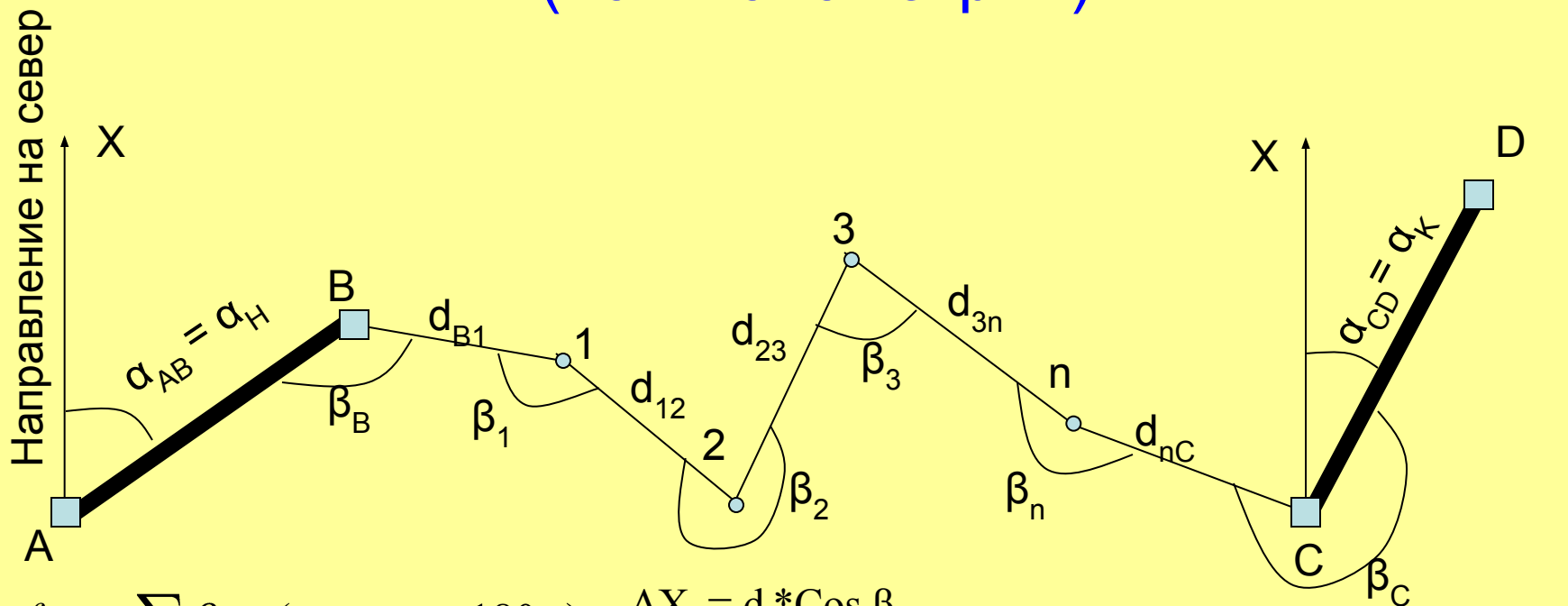
Выбор на местности местоположения опознаков



Конструкция опознаков



Теодолитные хода повышенной точности (полигонометрия)



$$f_{\beta \phi} = \sum \beta_i - (\alpha_K - \alpha_H + 180n)$$

$$\Delta X_i = d_i \cdot \cos \beta_i$$

$$\Delta Y_i = d_i \cdot \sin \beta_i$$

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i$$

$$f_{\beta \text{ доп}} = t m \sqrt{n}$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i$$

$$v_{\beta} = \frac{-f_{\beta}}{n}$$

$$fx = (\sum \Delta X_{\phi}) - (X_K - X_H),$$

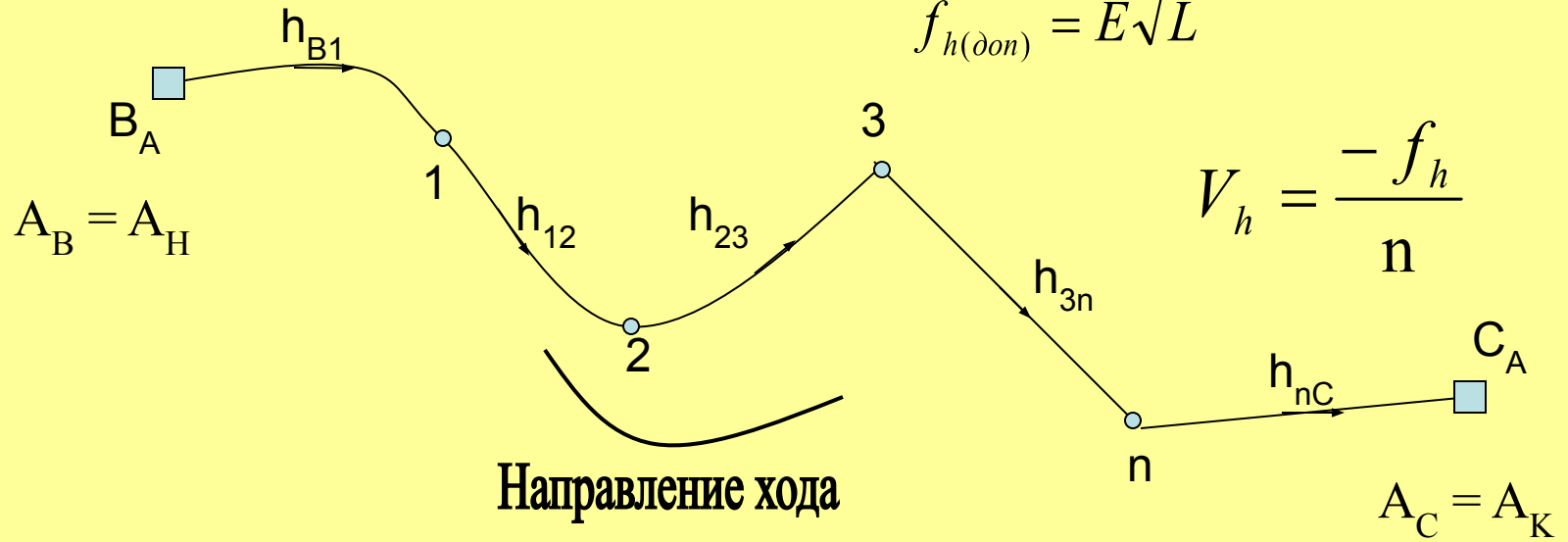
$$fy = (\sum \Delta Y_{\phi}) - (Y_K - Y_H),$$

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad f_{\text{отн}} = \frac{f_{abc}}{\sum d_i}, \quad f_{\text{отн}(\text{доп})} = \frac{1}{5000}.$$

Нивелирование опознаков

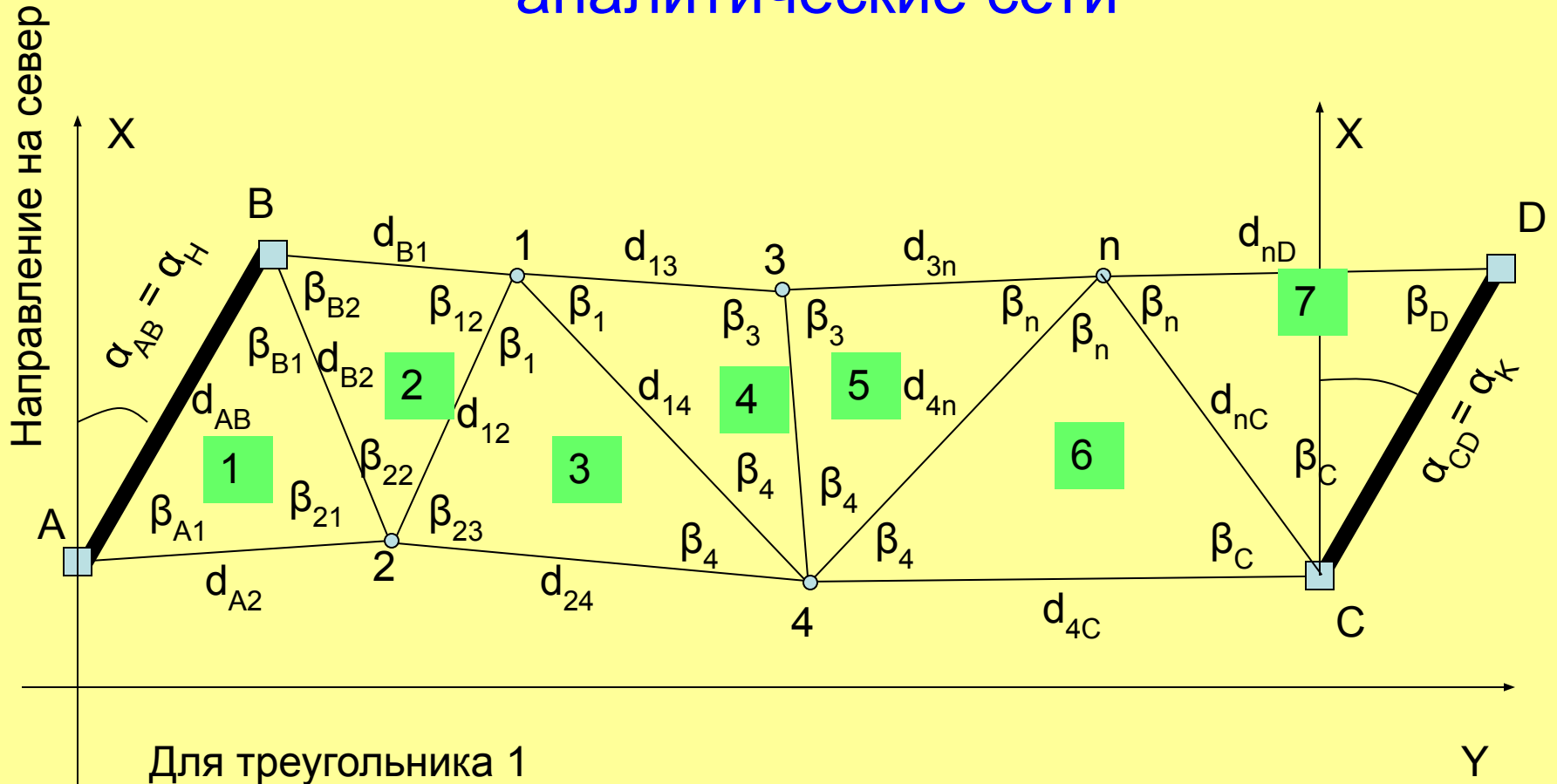
$$f_h = \sum h_i - (A_K - A_H),$$

$$f_{h(\text{дон})} = E\sqrt{L}$$



$$A_{i+1} = A_i + h_i$$

Триангуляция (трилатерация) или аналитические сети



$$\frac{d_{AB}}{\sin \beta_{21}} = \frac{d_{A2}}{\sin \beta_{B1}} = \frac{d_{B2}}{\sin \beta_{A1}}$$

Триангуляция (трилатерация) или аналитические сети

Уравнивание углов в
треугольниках

$$f(j)_{\beta \phi} = \sum_1^3 \beta_j - 180^\circ$$

$$f_{\beta \text{ don}} = t m \sqrt{n}$$

$$v_{\beta} = \frac{-f_{\beta}}{n}$$

Вычисление приращений
координат

$$\Delta X_i = d_i * \text{Cos } \beta_i$$

$$\Delta Y_i = d_i * \text{Sin } \beta_i$$

Уравнивание приращений
координат

$$f(i)x = \sum_1^3 \Delta X_j \quad V_{xj} = \frac{-f(i)x d(i)j}{\sum_1^3 d_j}$$

$$f(i)y = \sum_1^3 \Delta Y_j \quad V_{yj} = \frac{-f(i)y d(i)j}{\sum_1^3 d_j}$$

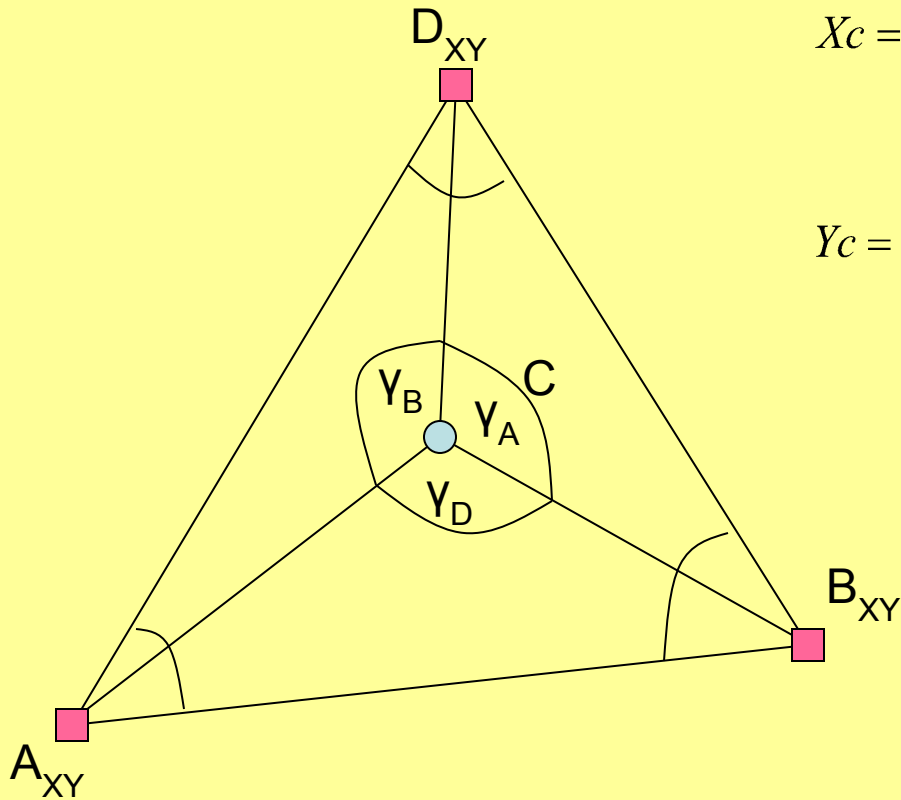
$$f_{a\acute{o}c} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad f_{omn} = \frac{f_{a\acute{o}c}}{\sum d_i}, \quad f_{omn(\text{don})} = \frac{1}{5000}$$

Вычисление координат

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i$$

Обратная засечка



$$X_C = \frac{X_A P_A + X_D P_D + X_B P_B}{P_A + P_D + P_B};$$

$$Y_C = \frac{Y_A P_A + Y_D P_D + Y_B P_B}{P_A + P_D + P_B}$$

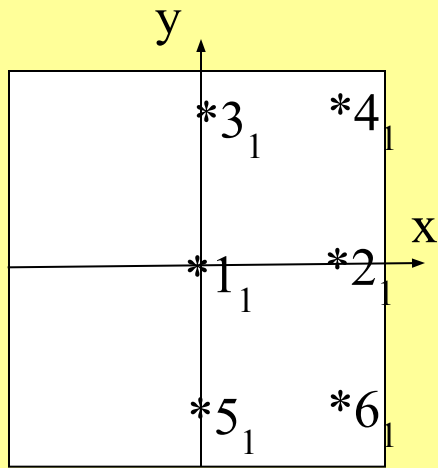
$$P_A = \frac{1}{\operatorname{ctg} A - \operatorname{ctg} \gamma_A};$$

$$P_D = \frac{1}{\operatorname{ctg} D - \operatorname{ctg} \gamma_D};$$

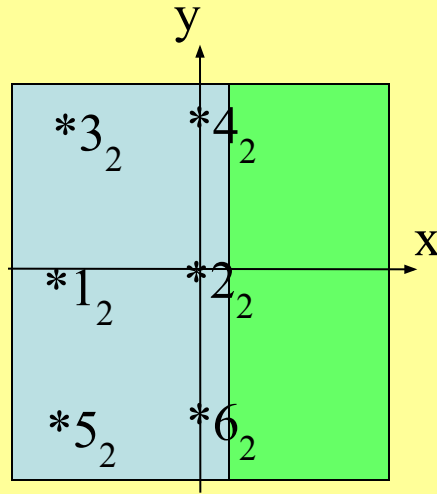
$$P_B = \frac{1}{\operatorname{ctg} B - \operatorname{ctg} \gamma_B}$$

Фототриангуляция

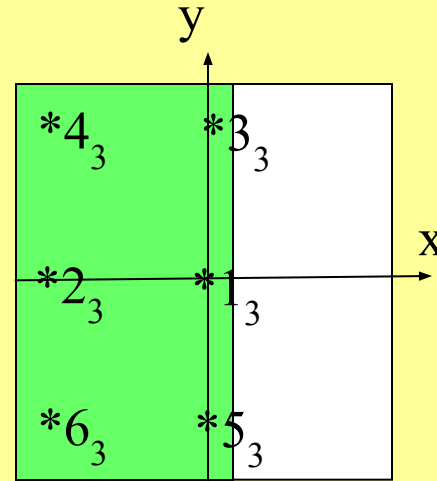
№ 1



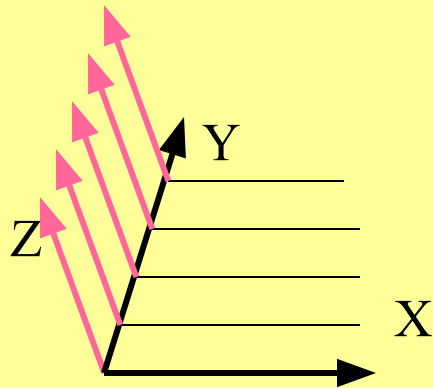
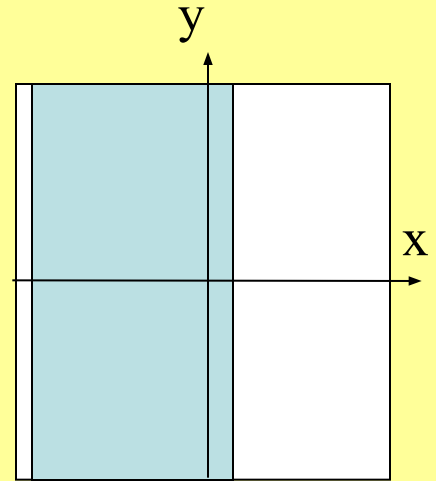
№ 2



№ 3



№ 4



$$XS_{\text{Л}}, YS_{\text{Л}}, HS_{\text{Л}}, \alpha_{\text{Л}}, \omega_{\text{Л}}, \eta_{\text{Л}}, \quad (13)$$

$$\Delta X, \Delta Y, \Delta H, \Delta \alpha, \Delta \omega, \Delta \eta,$$

где

$$\Delta X = B_x = B \cos \gamma_B \cos \gamma_T$$

$$\Delta Y = B_y = B \cos \gamma_B \sin \gamma_T \quad (14)$$

$$\Delta H = B_z = B \sin \gamma_B$$

Фототриангуляция

$$\alpha_{Л} = -\frac{f_k \rho}{2by} (q_4 - q_6) \quad (15)$$

$$\alpha_{П} = -\frac{f_k \rho}{2by} (q_3 - q_5) \quad (16)$$

$$\Delta\alpha = \alpha_{Л} - \alpha_{П} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \varpi_{Л} - \varpi_{П} &= \Delta\varpi = \\ &= \varepsilon = \frac{f_k \rho}{4y^2} (q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \end{aligned} \quad (18)$$

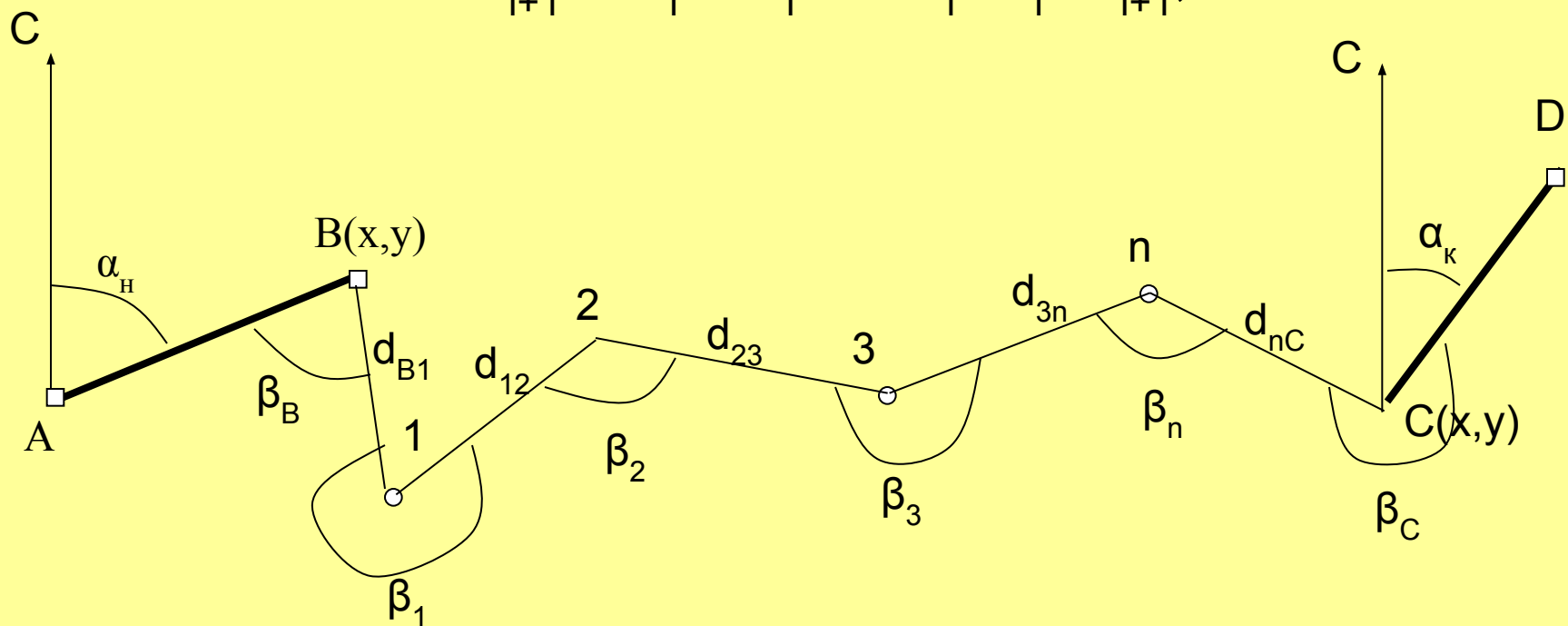
$$\eta_{Л} = \eta_{П} = \frac{f_k}{b} \varepsilon \quad (19)$$

6. Применение электронной геодезической техники и спутниковые методы геодезических измерений

Привязка снимков электронным ТЕОДОЛИТОМ

Режим прямой геодезической задачи

$$d_i = D_i \cos v_i; \quad \alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{\text{прав}} - 180^\circ;$$
$$X_{i+1} = X_i + d_i * \cos \alpha_{i+1}; \quad Y_{i+1} = Y_i + d_i * \sin \alpha_{i+1};$$
$$H_{i+1} = H_i + D_i * \sin v_i + i_i - l_{i+1},$$



Привязка снимков электронным теодолитом

1. Угловая невязка: $f_{\beta} = \alpha_k - \alpha_{CD}$,

если $f_{\beta} \geq 2m\sqrt{n}$, то “недопустимая угловая невязка”;

если $f_{\beta} \leq 2m\sqrt{n}$, то $\beta_i = \beta_i + (-f_{\beta}/n)$, $\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_i - 180^\circ$;

2. Линейная невязка: $f_x = X_k - X_C$, $f_y = Y_k - Y_C$, $f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$;

если $f_{abc}/\sum d \geq 0.0005$, то “недопустимая линейная невязка”

если $f_{abc}/\sum d \leq 0.0005$, то

$$X_{i+1} = X_i + d_i * \cos \alpha_i + \frac{-f_x * d_i}{\sum d_i}; Y_{i+1} = Y_i + d_i * \sin \alpha_i + \frac{-f_y * d_i}{\sum d_i}$$

3. Высотная невязка: $f_H = H_k - H_C$;

если $f_H \geq 0.01\sqrt{n}$, то “недопустимая высотная невязка”

если $f_H \leq 0.01\sqrt{n}$, то $H_{i+1} = H_i + D_i * \sin v_i + i_i - l_i + \frac{-f_H * D_i}{\sum D_i}$

Спутниковые методы привязки СНИМКОВ

1. ГЛОНАСС – ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система;
2. NAVSTAR – GPS – NAVigation Sistem with Time And Rangiring – Global Positioning System (Навигационная система определения расстояний и времени – глобальная позиционирования система).

Состоят из трех сегментов:

космического, контроля и управления, сегмент пользователя

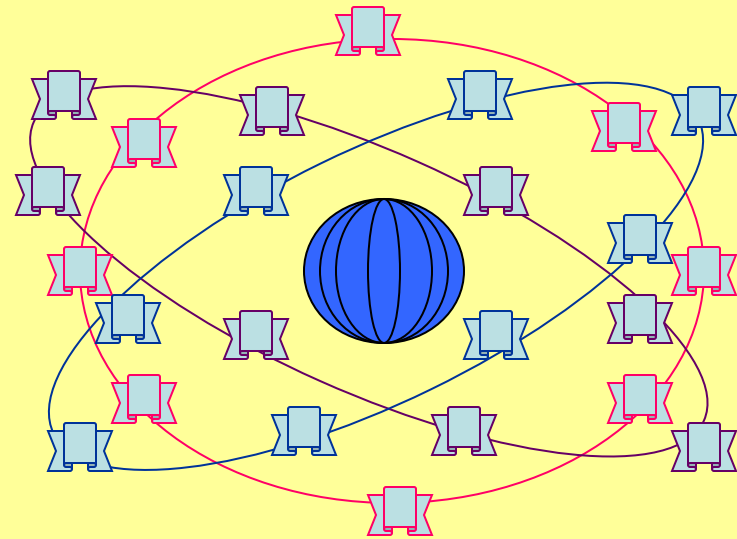
Космический сегмент

ГЛОНАСС – ГЛОбальная
НАвигационная Спутниковая
Система

24 спутника на 3-х
орбитальных плоскостях.

Расстояние от поверхности
Земли 20 180 км;

От центра Земли 26 600 км

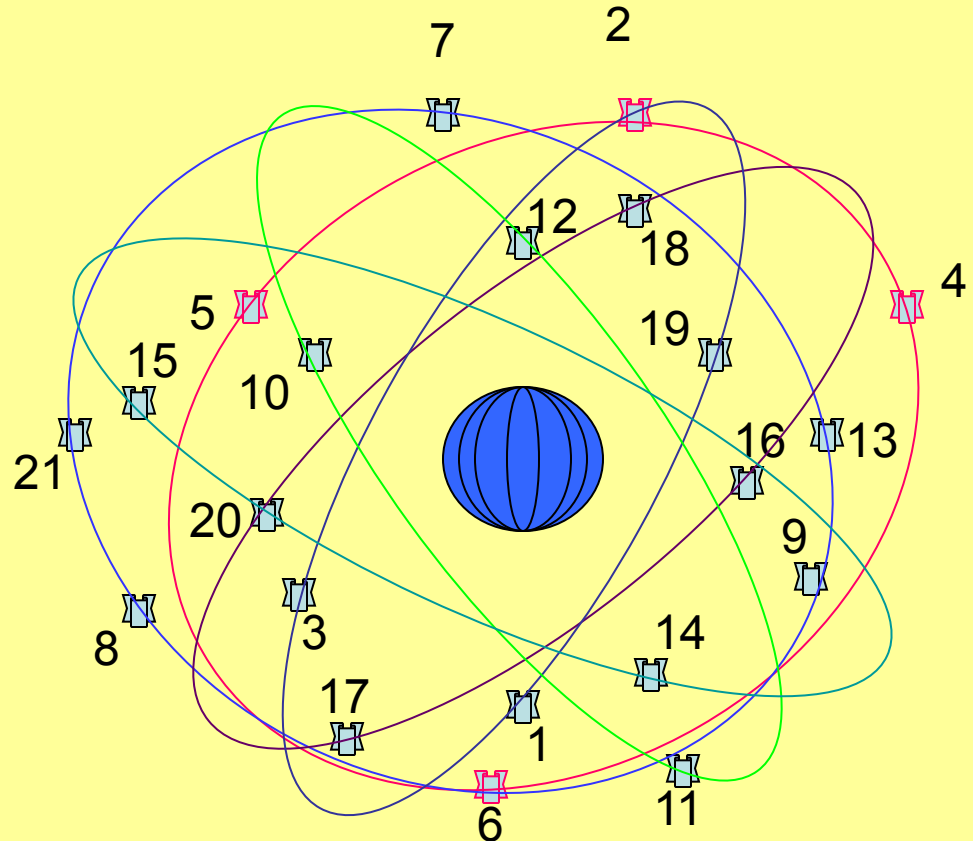


Космический сегмент

NAVSTAR – GPS – NAVigation
Sistem with Time And
Rangiring – Global
Positioning System
(Навигационная система
определения расстояний и
времени – глобальная
позиционирования
система).

21 рабочий и 3 запасных
спутника на 6-и
орбитальных плоскостях.

Расстояние от поверхности
Земли 20 180 км;
От центра Земли 26 600 км



Сегмент контроля и управления

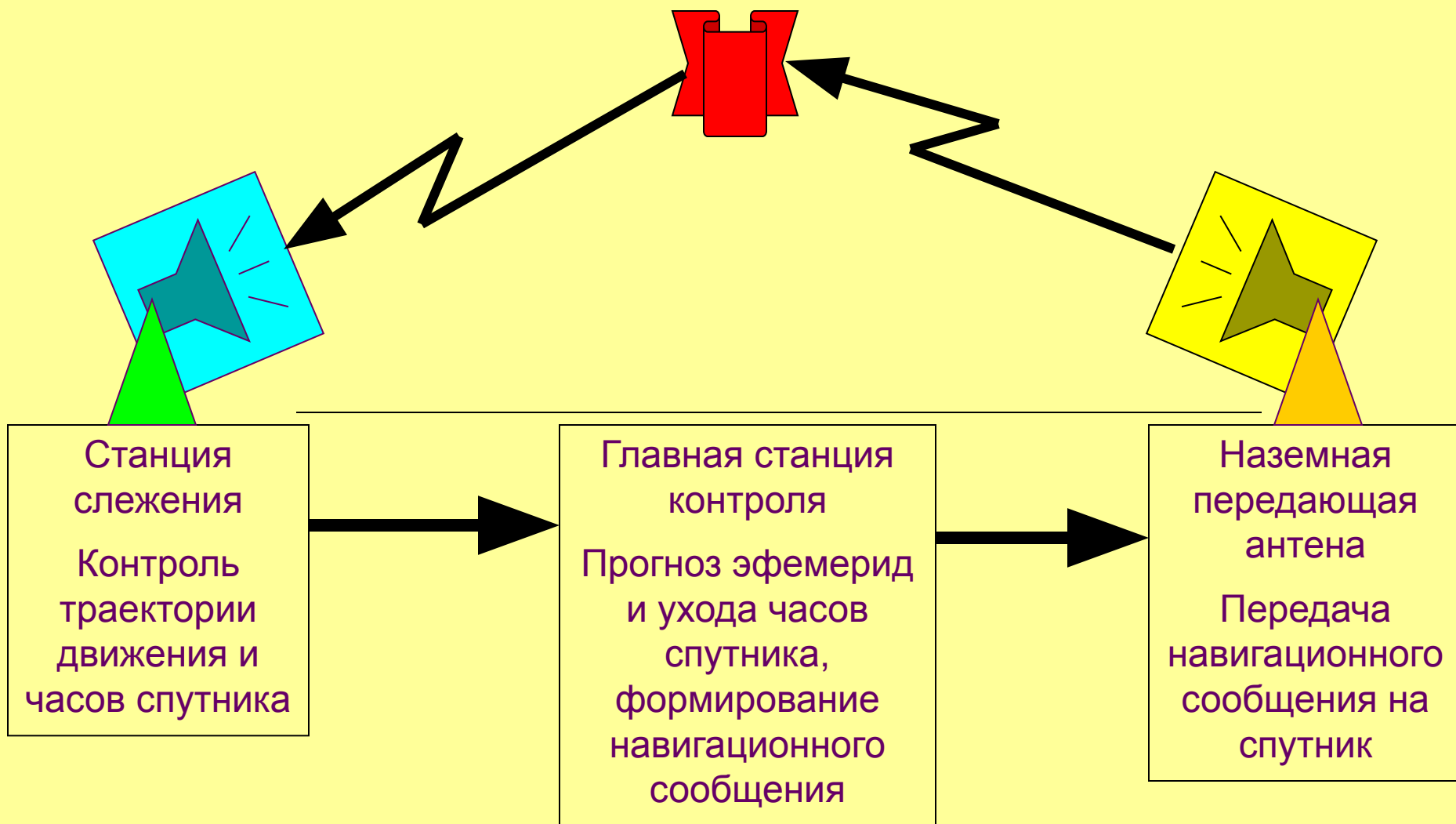
- ГЛОНАСС – ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система
- ЦУС - центр управления системой;
- ЦС – центральный синхронизатор;
- КС – контрольная станция;
- СКФ – система контроля фаз;
- КОС – квантово-оптическая станция;
- АКП – аппаратура контроля параметров;
- КСС – контрольная станция слежения.



- NAVSTAR – GPS – NAVigation Sistem with Time And Rangiring – Global Positioning System
- Станции слежения;
- Главные станции контроля;
- Наземные антенны.

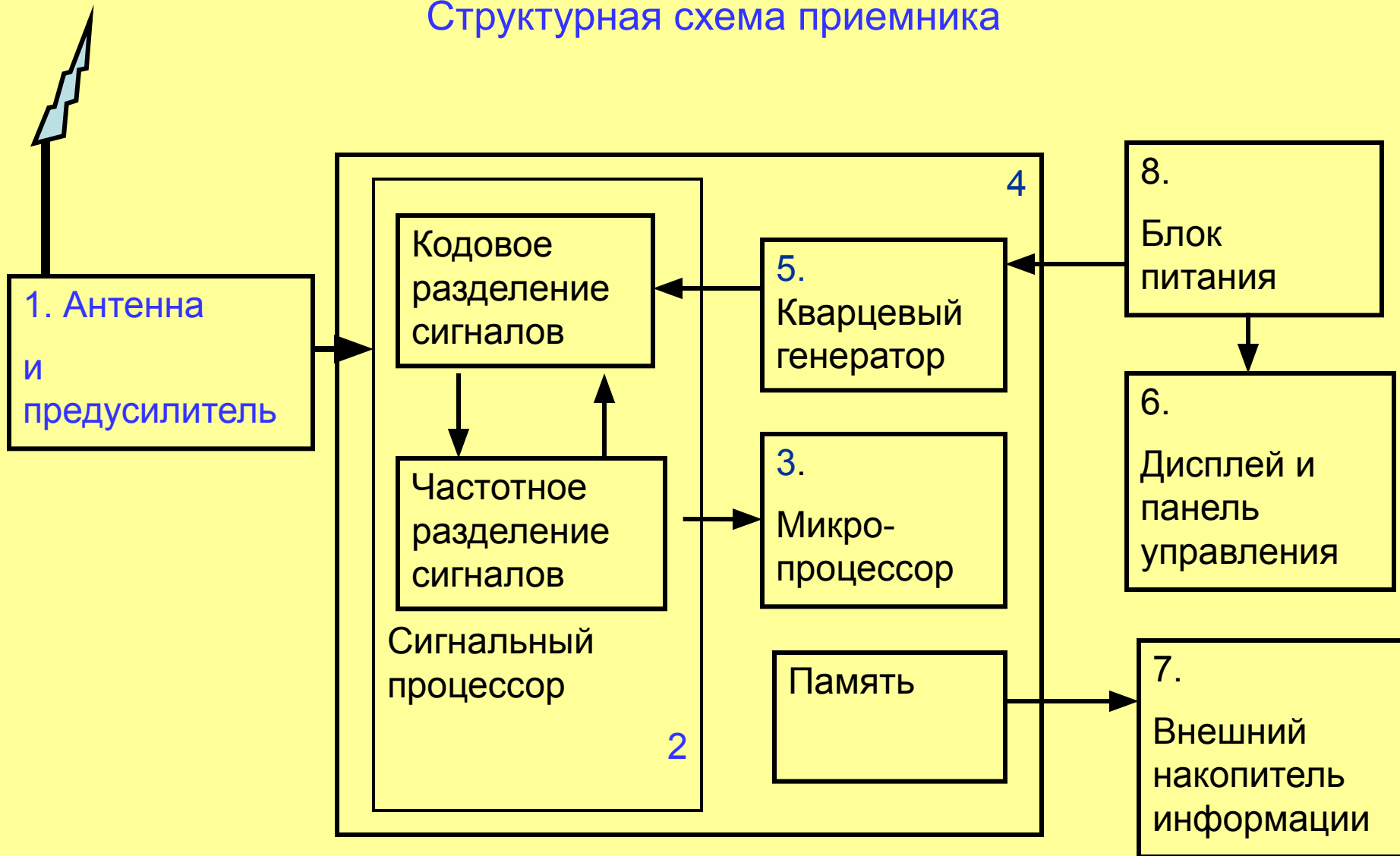


Сегмент контроля и управления



Сегмент пользователя

Структурная схема приемника



Сегмент пользователя

Структурная схема приемника

1. Антенна с предусилителем;
2. Идентификатор сигналов и распределение частот по каналам;
3. Микропроцессор для управления работой приемника;
4. Расшифровка принятой информации, вычисление абсолютных координат и поправок в часы приемника, выполнение фазовых измерений;
5. Стабильный кварцевый генератор;
6. Дисплей и панель управления;
7. Блок памяти для записи и хранения информации;
8. Блок питания.

Сегмент пользователя

- Классификация приемников по кодировке сигнала:

C/A код;

C/A код + фазовые измерения на частоте L_1 ;

C/A код + фазовые измерения на частотах L_1 и L_2 ;

C/A код + P-код + фазовые измерения на частотах L_1 и L_2 ;

- Определение расстояний и координат приемника

Псевдодальность равна $D' = (T_{\Pi} - T_C) v$;

Расстояние между спутником и приемником равно:

$$D + \delta tv = (T_{\Pi} - T_C) v;$$

ИЛИ

$$\sqrt{(X_C - X_{\Pi})^2 + (Y_C - Y_{\Pi})^2 + (Z_C - Z_{\Pi})^2} + \delta tv = (T_{\Pi} - T_C) v$$

Сегмент пользователя

- Режимы наблюдений:
 - Статика;
 - Быстрая статика;
 - Кинематика;
 - Кинематика “в полете”;
 - Кинематика в реальном времени.

- Преобразование координат:

$$X_R = X_r(1+\mu) - Z_r\omega_y + Y_r\omega_z + \Delta X_0;$$

$$Y_R = Y_r(1+\mu) - Z_r\omega_x + X_r\omega_z + \Delta Y_0;$$

$$Z_R = Z_r(1+\mu) - Y_r\omega_x + X_r\omega_y + \Delta Z_0;$$

Лазерный сканер Leica ScanStation P20

