

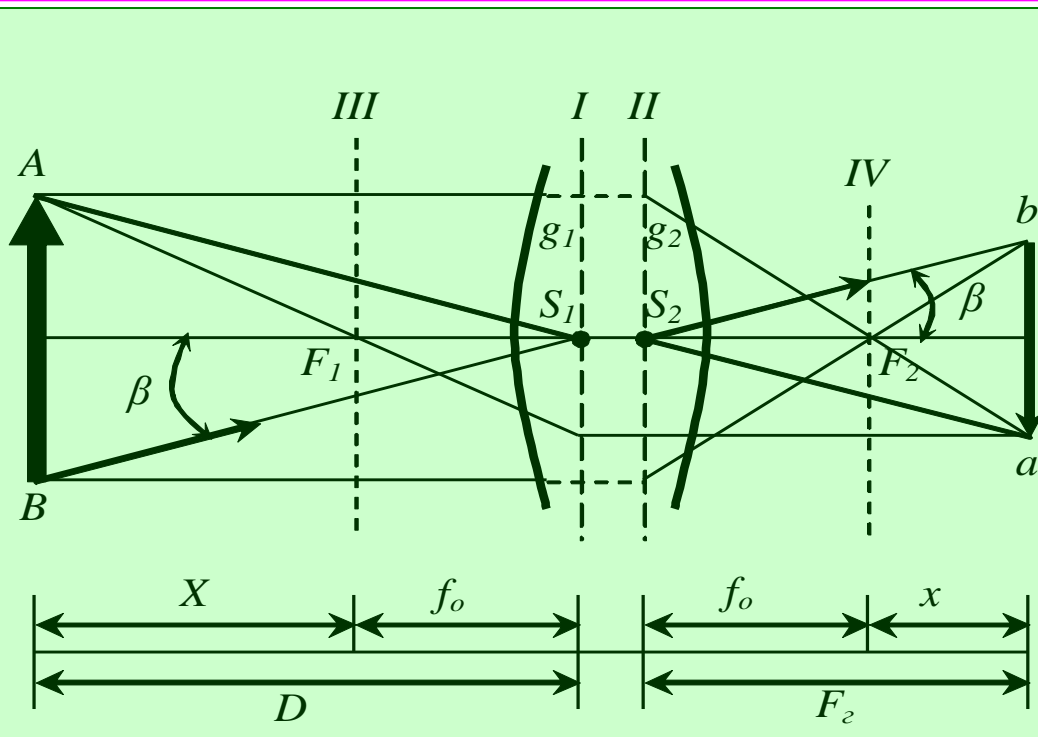
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
кафедра геодезії і картографії

Конспект лекцій з дисципліни  
«НАЗЕМНА ФОТОТОПОГРАФІЯ»

Укладач: к.т.н., доц. Білоус В.В.

# Об'єктив 1

На головній оптичній осі об'єктива розміщуються дві **вузлові точки** передня -  $S1$  і задня -  $S2$ . Площини  $I$  і  $II$ , що проходять через вузлові точки об'єктива під прямим кутом до головної оптичної осі, називаються **головними передньою і задньою площинами об'єктива**. Промені, які входять в об'єктив паралельно до головної оптичної осі об'єктива, збираються в точці яка називається **головним фокусом об'єктива**. На головній оптичній осі існує два головних фокуса: **передній  $F1$  і задній  $F2$** . Площини, що проходять через головні фокуси перпендикулярно до головної оптичної осі, називаються **головними фокальними площинами об'єктива: передня  $III$  і задня  $IV$** . Відстань  $f_0$  від передньої (задньої) вузлової точки об'єктива до переднього (заднього) головного фокуса, називається **головною фокусною відстанню об'єктива**.



Формула лінзи

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{f_0} - \frac{1}{D}$$

Гіперфокальна відстань

$$F_2 = \frac{Df_0}{D - f_0}$$

## Об'єктив 2

Об'єктиви сучасних АФА являють собою багатолінзові системи, в яких кількість лінз доходить до 10-15 й більше. Така велика кількість лінз необхідна для виключення різних аберацій. Ідеальний об'єктив задовольняє наступним умовам: пучок променів, який виходить з однієї точки (гомоцентричний пучок) залишається гомоцентричним після проходження об'єктива; площина, перпендикулярна до оптичної осі, зображається також перпендикулярною до цієї осі; зображення плоского об'єкта, розміщеного перпендикулярно до оптичної осі, подібне до самого об'єкту.

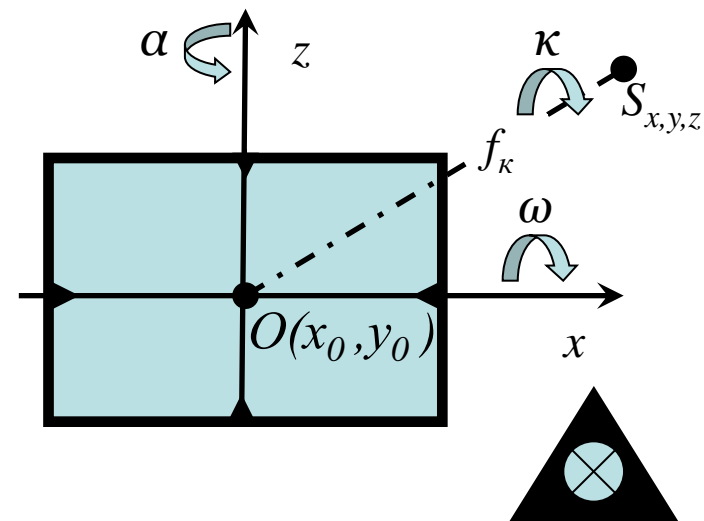
Кутом поля зору об'єктива ( $2\beta$ ) називають частину зображення, яка задовольняє вимозі щодо якості зображення.

Фактично лінійне збільшення в площині знімка не є постійним через похибки виготовлення об'єктива, що призводить до порушення подібності зображення в площині знімка. Це спотворення називають дисторсією об'єктива. **Дисторсія** у сучасних об'єктивів знаходиться в межах 0,005-0,04 мм. Зображувальні й метричні якості знімка залежать від багатьох факторів. Під **роздільною здатністю об'єктива** розуміють його спроможність давати роздільне зображення двох близько розташованих точок або ліній. Роздільна здатність оцінюється числом роздільно зображених ліній, що приходить на 1 мм (лін/мм). У наш час якість об'єктивів й зображення оцінюється за частотно-контрастною характеристикою (ЧКХ) й фазочастотною характеристикою (ФЧХ), де ЧКХ - залежність між роздільною здатністю й контрастом зображення, а ФЧХ - міра порушення ортоскопічності об'єктива. Дисторсія у сучасних об'єктивів знаходиться в межах 0,005-0,04 мм.

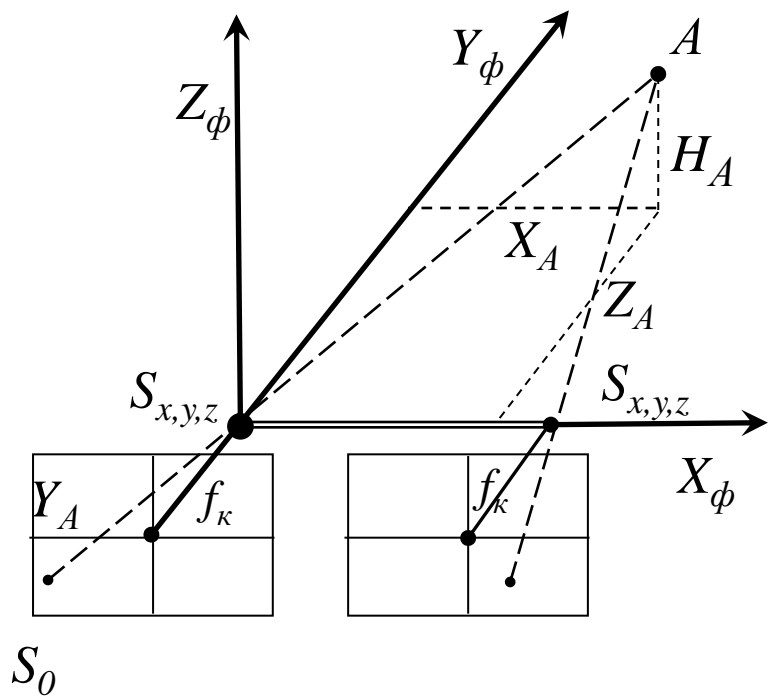
# Системи координат

Елементи внутрішнього орієнтування –  $f\kappa, x_0, z_0$

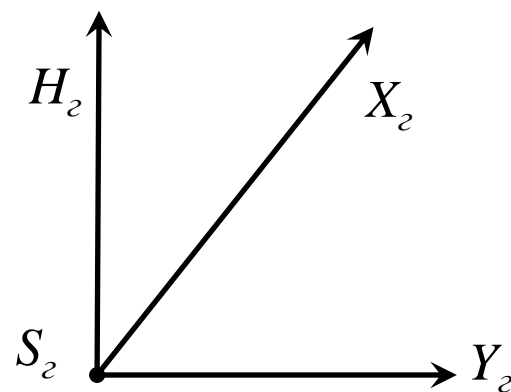
Елементи зовнішнього орієнтування –  $X_S, Y_S, Z_S, \alpha, \omega, \kappa$



Плоска система координат  
знімка  $xoy$

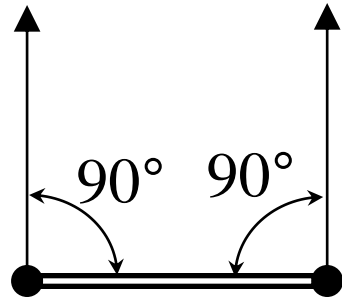


Просторова фотограмметрична  
система координат  $X_\phi Y_\phi Z_\phi$

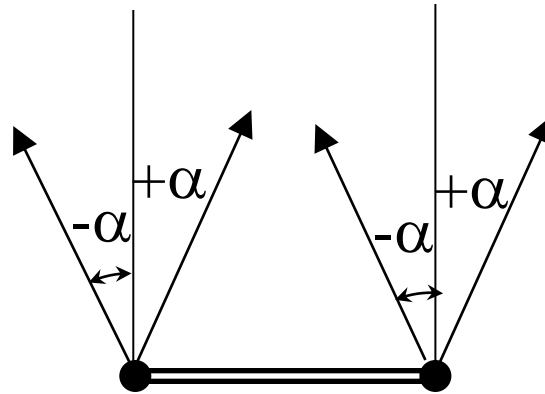


Геодезична система координат  $X_\Gamma Y_\Gamma Z_\Gamma$

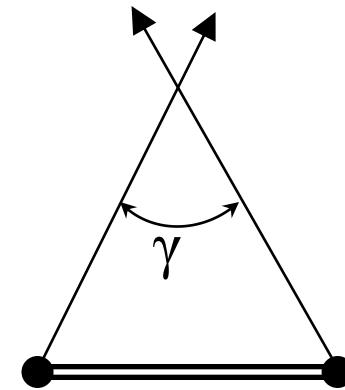
# Основні випадки зйомки



нормальний



зі скосом



конвергентний

## Фототеодоліт Foteo 19 13/18



Photheo 19/1318 випускається з поділками відлікових шкал з Градовою мірою. Орієнтирна насадка і фотограмметрична камера забезпечені мікрометричними навідними гвинтами. В робоче положення фототеодоліт встановлюється по циліндричним

### Технічна характеристика

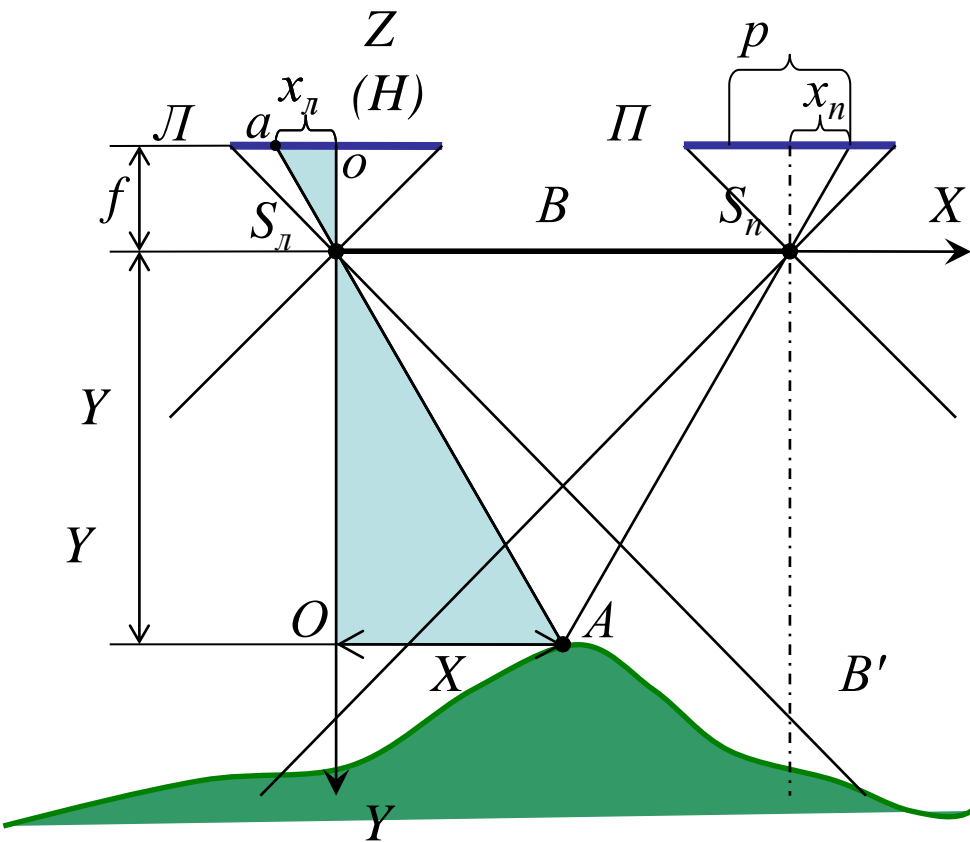
Фокусна відстань об'єктиву, мм	190
Роздільна здатність, лин / мм	60
відносний отвір	1:25
Максимальна дисторсія, мкм	± 6
Корисний формат знімка, мм	120 × 166
Формат фотопластинки, мм	129 × 179
Корисний кут захоплення одного знімка, град	52 × 38
Діапазон вертикального переміщення об'єктива, мм від	+30 до -45
Ціна поділки рівнів, сек	/ 2 мм 30
Збільшення зорової труби	21 ×
Максимальний кут нахилу візирної осі, град	± 20
Точність відліку по кругах з оцінкою на око, хв.	1

## Фототеодоліт УМК 10/ 1318



Фотокамера УМК 10/1318 була розроблена і виготовлена фірмою "Карл Цейсс" (колишня НДР). Вона забезпечена ширококутним об'єктивом Ламегон 8,100, має плавне фокусування і призначена для зйомки об'єктів при горизонтальному, похилому і вертикальному положеннях оптичної осі фотокамери. Фірма випустила чотири варіанти фотокамери УМК для зйомки на фотопластинки і фотоплівку. Фокусна відстань об'єктиву 99 мм, кут зору по діагоналі 90 град., Відносний отвір змінюється від 1:8 до 1:32, дисторсія не перевищує 10 мкм. Об'єктив можна плавно фокусувати в діапазоні 1,4 м до нескінченності. Для реєстрації на кадрі цей діапазон розділений на 19 ступенів. Об'єктив забезпечений жовтим і червоним світлофільтрами. Затвор забезпечує витримки Т, У і від 1 до 1/400 с. Формат фотопластинки 13x18 см, товщина 1,5-3,5 мм. Фотокамері дозволяє зйомку на роликову плівку шириною 19 см і довжиною до 9 м (60 кадрів), мінімальний інтервал часу між кадрами 3 с. Корисний формат кадру 120x160 мм, що відповідає корисним кутам зображення: 79 град. по довгій стороні, 61 град. - По короткій, 87 град. - по діагоналі. Фотокамера дозволяє виконувати зйомку при нахилах оптичної осі в межах від мінус 30 до 90 град. з фіксацією через 15 град. Для зовнішнього орієнтування камери служать підвіски. Візирна труба і лімб знаходяться в нижній частині підвіски. Збільшення зорової труби 16 крат. Мінімальна відстань візування 0,8 м, межі нахилу цибульки візування 0-18 град., Точність відліку кута нахилу 1 град.

# Зв'язок координат точок місцевості і знімка



$$\frac{f}{Z} = \frac{x_l}{X} = \frac{y_l}{Y}$$

$$X = \frac{Y}{f} x_l$$

$$Z = \frac{Y}{f} z_l$$

$$p_t = x_{lt} - x_{nt}$$

$$X = B \frac{x_t}{p_t}$$

$$Y = B \frac{y = f_t}{p_t}$$

$$Z = B \frac{z_t}{p_t}$$

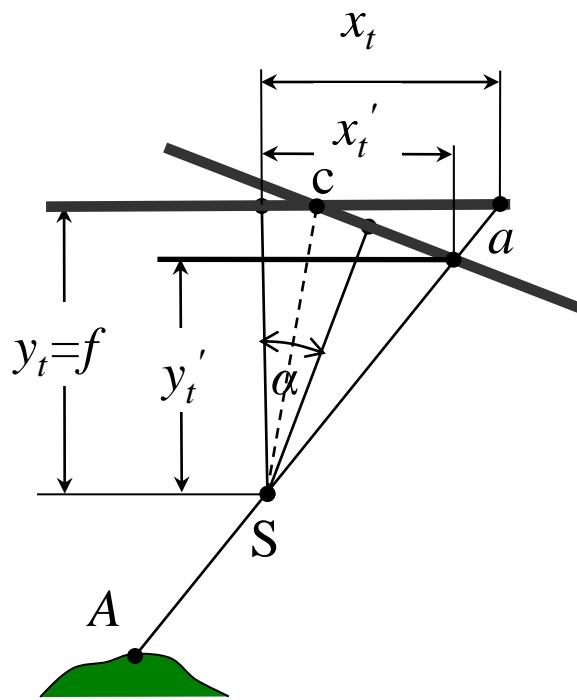
Поздовжній паралакс – різниця абсцис зображень лівому і правому знімках.

Поздовжній паралакс – базис в масштабі знімка.

Залежність координат точок горизонтального знімка і місцевості впливає із співвідношень в подібних трикутниках  $AS_lO$ ,  $aS_lO$ . Формули показують, що для визначення координат  $X$  і  $Z$  потрібно додатково вимірювати координату  $Y$ . Спосіб одного знімка в наземній фототопографічній зйомці не використовують. Для визначення планово-висотного положення точок використовують стереопару знімків які виконані з точок рознесених на деяку відстань  $B$  – базис. Якщо знімки виконані з кутами нахилу їх координати трансформують .



# Зв'язок координат нахиленого і горизонтального знімків



При виконанні наземної зйомки загальним випадком знімання необхідно перейти від координат нахиленого знімка  $x, z$  до координат трансформованого знімка  $x_t, z_t$ . Такий процес називають **трансформуванням координат**, а самі координати – **трансформованими**. Залежність між координатами точки в двох системах має вигляд:

$$\begin{aligned} x_t^1 &= a_1 x + a_2 y + a_3 z \\ z_t^1 &= c_1 x + c_2 y + c_3 z \\ y_t^1 &= b_1 x + b_2 y + b_3 z \end{aligned}$$

де  $a, b, c$  – направляючі косинуси кутів  $\alpha, \omega, \kappa$ , вигляд яких (96 варіантів) залежить від системи координат (права чи ліва), напрямку і порядку повороту.

$$\begin{aligned} x &= x - x_0 \\ z &= z - z_0 \\ y &= -f \end{aligned}$$

$$\frac{x_t^1}{x_t} = \frac{y_t^1}{y_t}$$

$$\begin{aligned} x_t &= f \frac{x_t^1}{y_t^1} \\ z_t &= f \frac{z_t^1}{y_t^1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_1 &= \text{Cos} \alpha \text{Cos} \kappa - \text{Sin} \alpha \text{Sin} \omega \text{Sin} \kappa \\ a_2 &= \text{Sin} \alpha \text{Cos} \omega \\ a_3 &= -\text{Sin} \alpha \text{Sin} \omega \text{Cos} \kappa - \text{Cos} \alpha \text{Sin} \kappa \\ b_1 &= -\text{Sin} \alpha \text{Cos} \kappa - \text{Cos} \alpha \text{Sin} \omega \text{Sin} \kappa \\ b_2 &= \text{Cos} \alpha \text{Cos} \omega \\ b_3 &= \text{Sin} \alpha \text{Sin} \kappa - \text{Cos} \alpha \text{Sin} \omega \text{Cos} \kappa \\ c_1 &= \text{Cos} \omega \text{Sin} \kappa \\ c_2 &= \text{Sin} \omega \\ c_3 &= \text{Cos} \omega \text{Cos} \kappa \end{aligned}$$

# Точність визначення просторових координат.

$$X = B \frac{x}{p}$$

$$m_X = X \sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{m_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{m_p}{p}\right)^2} \quad m_X = \sqrt{\left(\frac{Yx}{Bf}\right)^2 m_B^2 + \left(\frac{Y}{f}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{Yx}{Bf^2}\right)^2 m_p^2} \quad 1)$$

$$Y = B \frac{f}{p}$$

$$m_Y = Y \sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_p}{p}\right)^2} \quad m_Y = \sqrt{\left(\frac{Y}{B}\right)^2 m_B^2 + \left(\frac{Y}{f}\right)^2 m_f^2 + \left(\frac{Y^2}{Bf}\right)^2 m_p^2} \quad 2)$$

$$Z = B \frac{z}{p}$$

$$m_Z = Z \sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{m_z}{z}\right)^2 + \left(\frac{m_p}{p}\right)^2} \quad m_Z = \sqrt{\left(\frac{Yz}{Bf}\right)^2 m_B^2 + \left(\frac{Y}{f}\right)^2 m_z^2 + \left(\frac{Yz}{Bf^2}\right)^2 m_p^2} \quad 3)$$

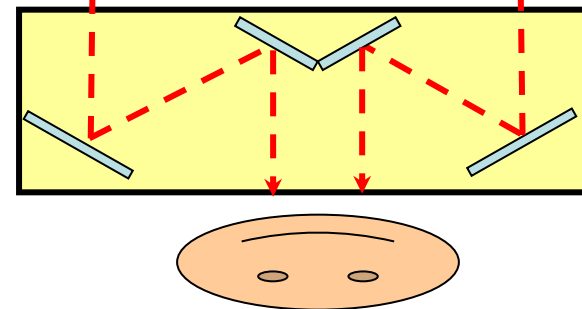
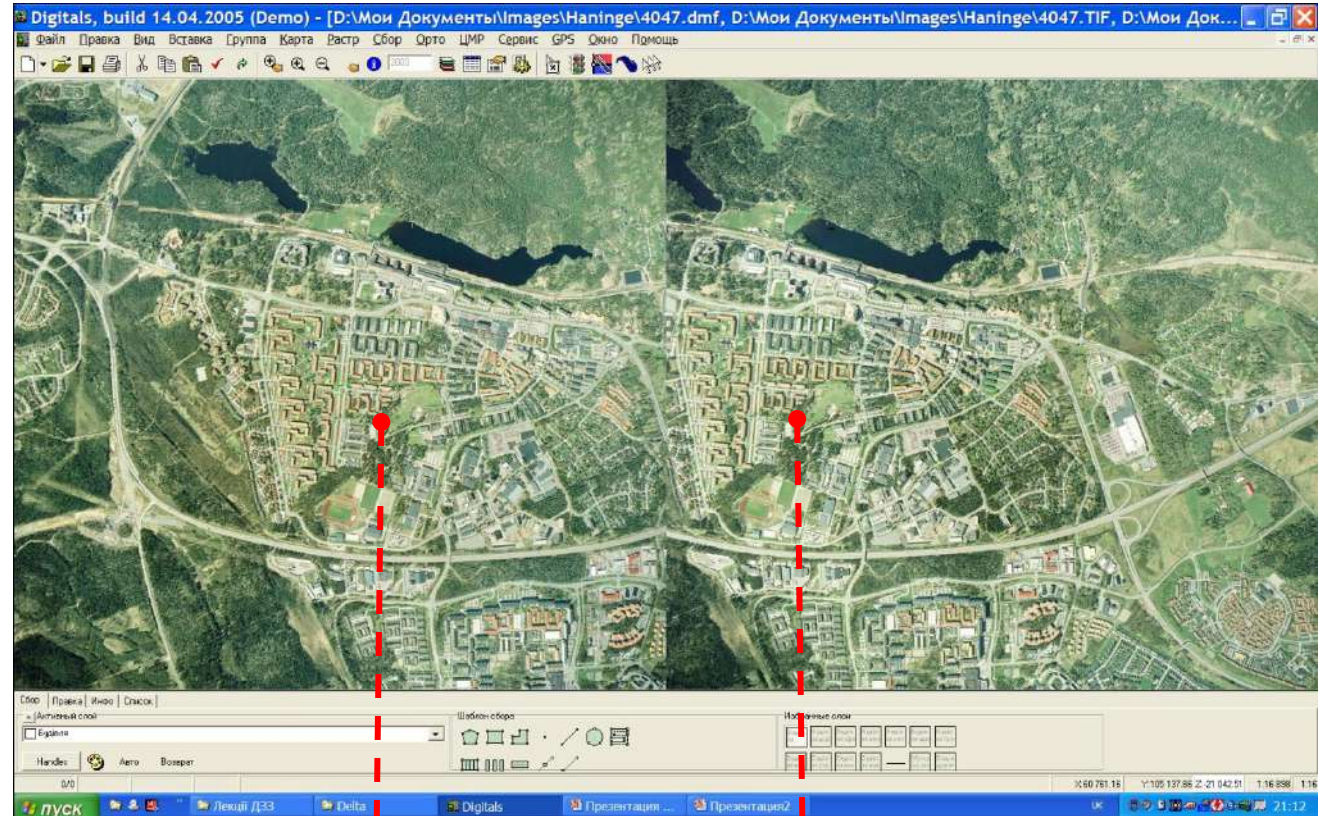
$$m_Y = \frac{Y^2}{Bf} m_p \quad 4)$$

$$m_Z = 10Mm_p \quad 5)$$

$$X = \frac{Z}{f} x_{\text{л}}$$

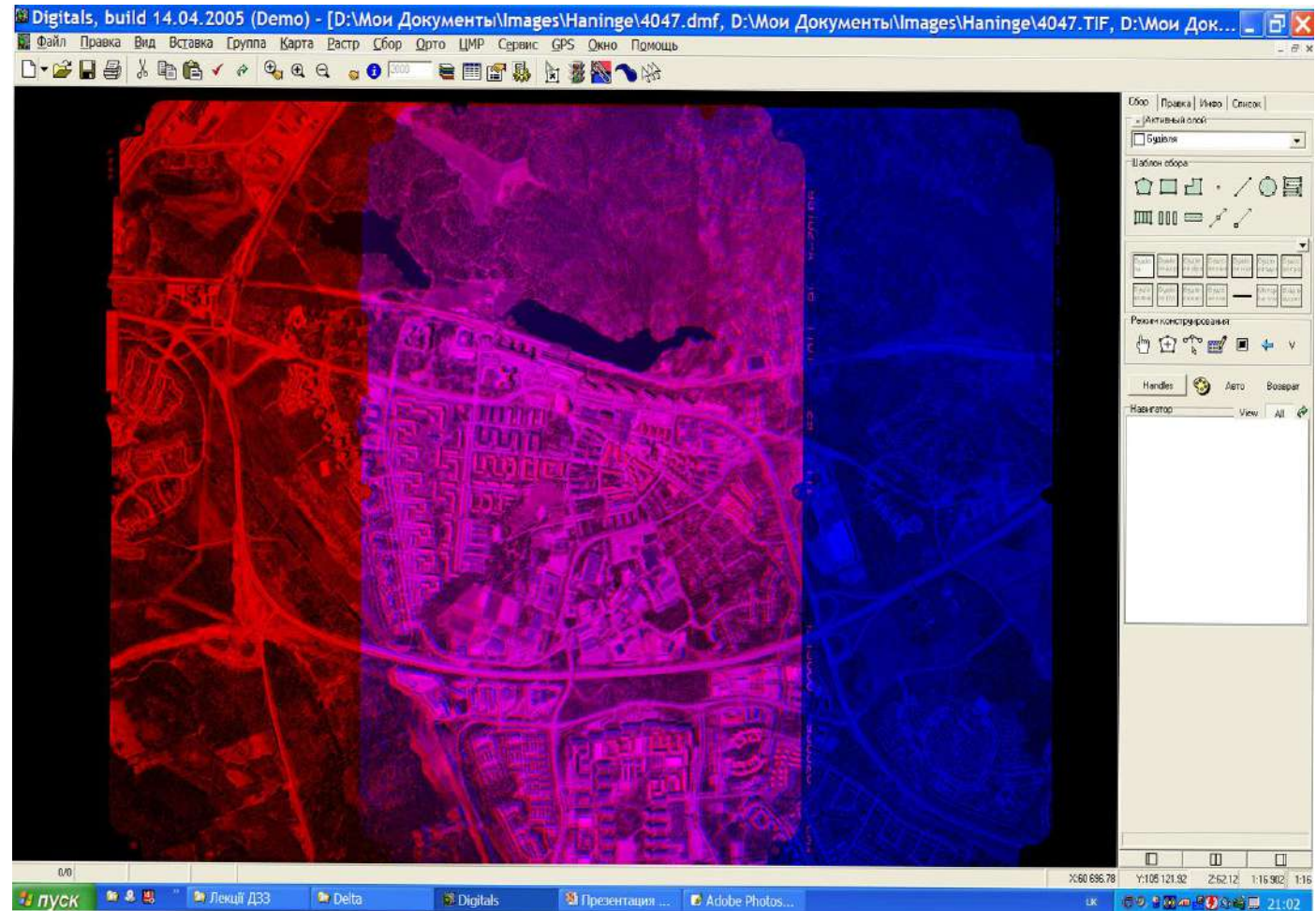
$$Y = \frac{Z}{f} y_{\text{л}}$$

# Стереоскопічні спостереження

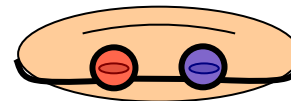


Спостереження моделі з розділенням каналів за допомогою стереоскопа

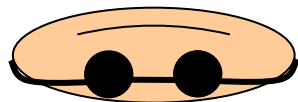
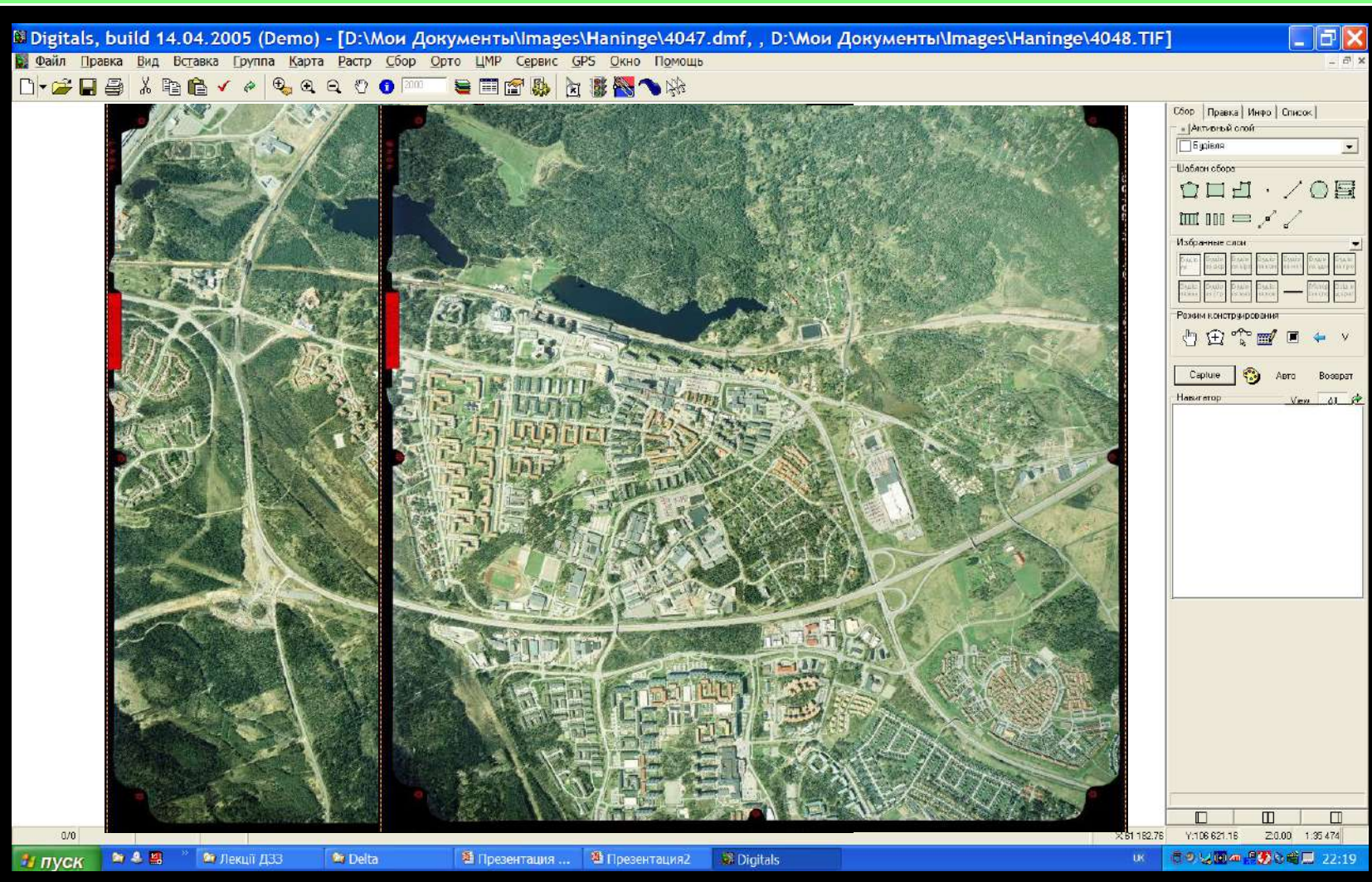
# Стереоскопічні спостереження



Спостереження моделі з розділенням каналів анагліфічним методом



# Стереоскопічні спостереження



Спостереження моделі з розділенням каналів абтюраційним методом

# Розрахунок параметрів зйомки

$$Y_{\max} = \sqrt{Bf \frac{m_Y}{m_p}} \quad Y_{\min} = nB \quad n = 4$$

$$S = (Y_{\max}^2 - Y_{\min}^2) \operatorname{tg} \beta - (Y_{\min}^2 - Y_a^2) \operatorname{tg} \beta$$

$$S = \frac{2\beta}{\rho} (Y_{\max}^2 - Y_{\min}^2)$$

$$B_{\text{opt}} = \frac{fm_Y}{n^2 m_p} \quad R = \frac{fM_{\text{нл}} \delta_{\text{нл}}}{n^2 m_p} \quad R = 1,25 fM_{\text{нл}}$$

$$Y_{\max} = \frac{fm_Y}{nm_p} \sqrt{R} = \frac{fM_{\text{нл}} \delta_{\text{нл}}}{nm_p} \sqrt{R} = 7 fM_{\text{нл}}$$

$$Y_{\min} = \frac{fm_Y}{nm_p} R = \frac{fM_{\text{нл}} \delta_{\text{нл}}}{nm_p} R = 5 fM_{\text{нл}}$$

