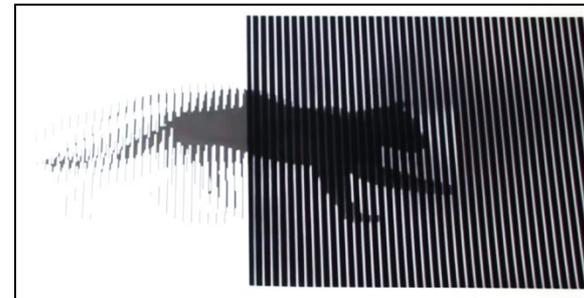
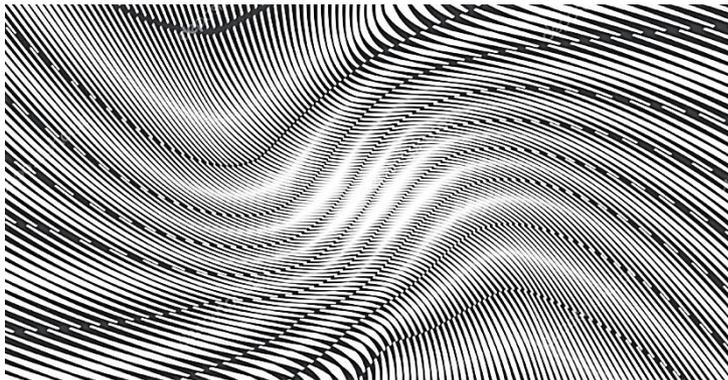
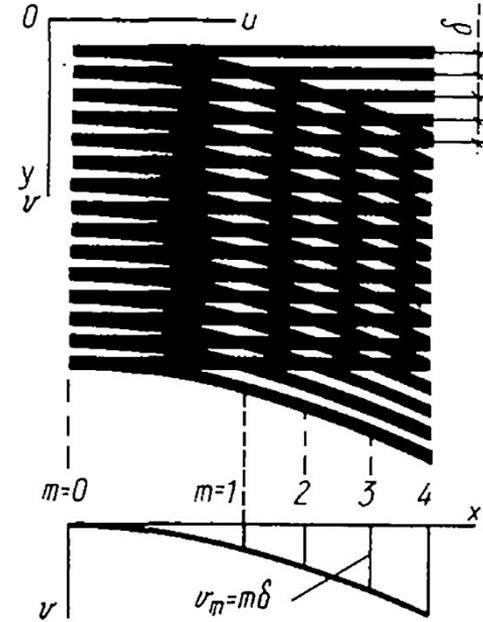
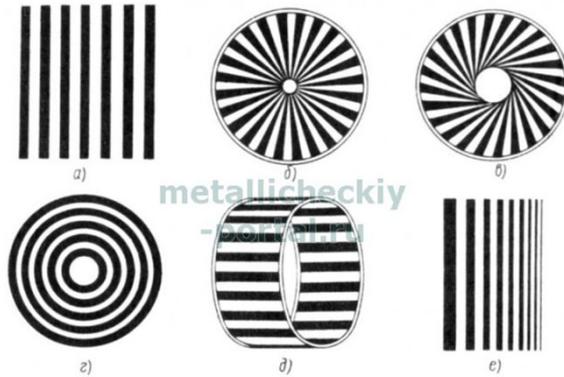
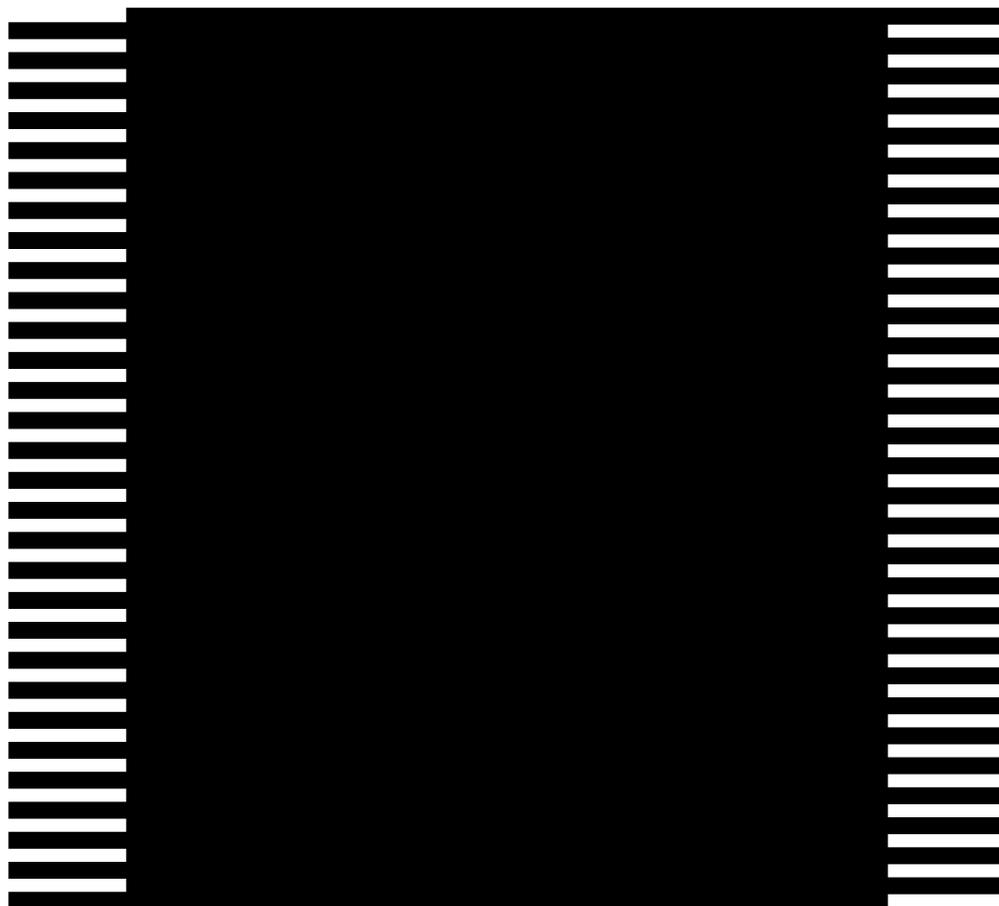


МЕТОД МУАРОВЫХ ПОЛОС



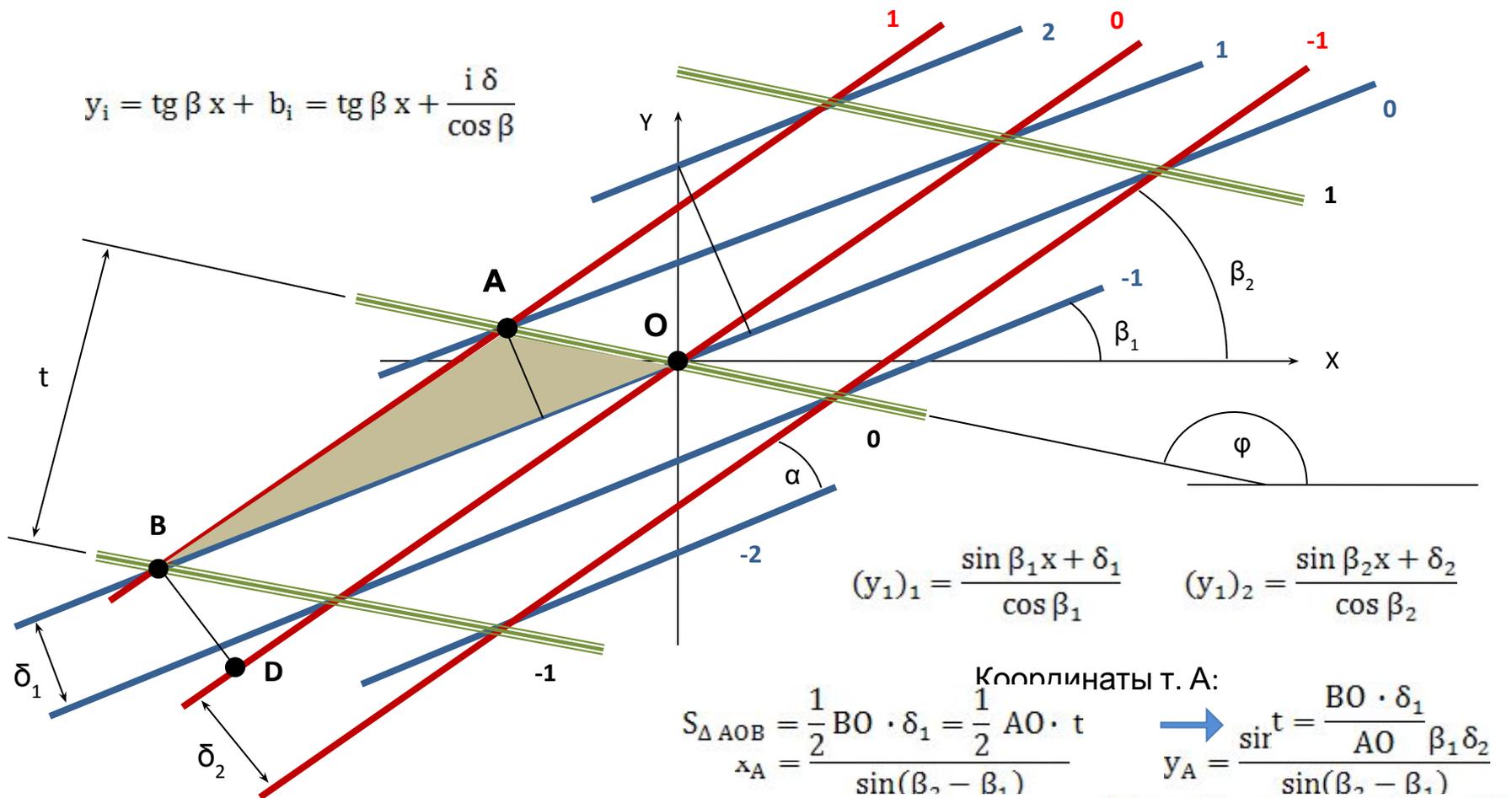
<https://www.youtube.com/watch?v=zdW7PvGZ0uM&feature=youtu.be>





ПАРАМЕТРЫ МУАРОВЫХ ПОЛОС

$$y_i = \operatorname{tg} \beta x + b_i = \operatorname{tg} \beta x + \frac{i \delta}{\cos \beta}$$



$$(y_1)_1 = \frac{\sin \beta_1 x + \delta_1}{\cos \beta_1}$$

$$(y_1)_2 = \frac{\sin \beta_2 x + \delta_2}{\cos \beta_2}$$

Координаты т. А:

$$S_{\Delta AOB} = \frac{1}{2} BO \cdot \delta_1 = \frac{1}{2} AO \cdot t \quad \rightarrow \quad \sin t = \frac{BO \cdot \delta_1}{AO \cdot \beta_1 \delta_2}$$

$$x_A = \frac{BO \cdot \delta_1}{\sin(\beta_2 - \beta_1)} \quad y_A = \frac{BO \cdot \delta_1 \cos(\beta_2 - \beta_1)}{\sin(\beta_2 - \beta_1)}$$

$$BO = \frac{\delta_2}{\sin \alpha}$$

$$AO = \sqrt{x_A^2 + y_A^2} = \frac{\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 - 2\delta_1\delta_2 \cos(\beta_2 - \beta_1)}}{\sin \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \Phi = \frac{y_A}{x_A} = \frac{\sin \beta_2 \delta_1 - \sin \beta_1 \delta_2}{\cos \beta_2 \delta_1 - \cos \beta_1 \delta_2}$$

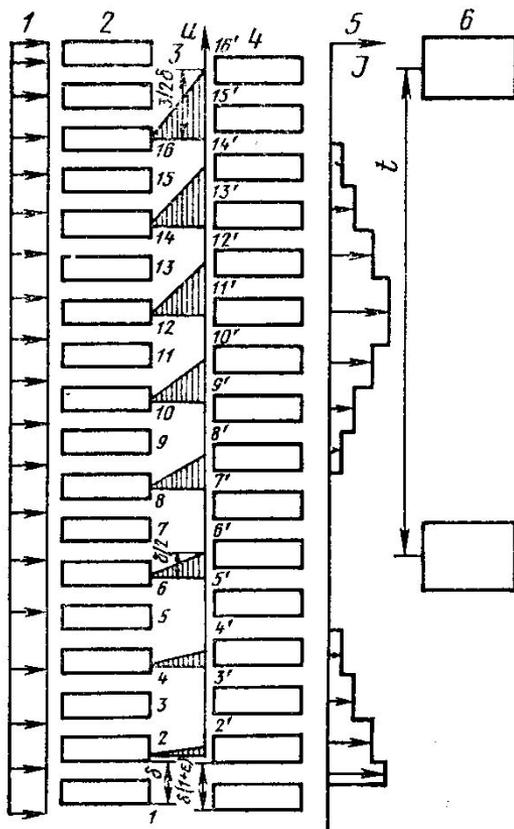
$$t = \frac{\delta_1 \delta_2}{\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 - 2\delta_1 \delta_2 \cos(\beta_2 - \beta_1)}}$$

СЛУЧАЙ РАСТРОВ БЕЗ НАЧАЛЬНОЙ РАЗОРИЕНТИРОВКИ

Исходные параметры растров:
 $\beta_1 = \beta_2$
 $\delta_1 = \delta_2 = \delta_0$

После однородного деформирования:
 $\delta_1 = \delta_0$ $\delta_2 = \delta_0(1 + \varepsilon)$

$$t = \frac{\delta_1 \delta_2}{\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 - 2\delta_1 \delta_2 \cos(\beta_2 - \beta_1)}} = \frac{\delta_0^2(1 + \varepsilon)}{\delta_0 \sqrt{1 + (1 + \varepsilon)^2 - 2(1 + \varepsilon)}} = \frac{\delta_0(1 + \varepsilon)}{\sqrt{[1 - (1 + \varepsilon)]^2}} = \frac{\delta_0(1 + \varepsilon)}{\varepsilon} = \delta_0 \left(1 + \frac{1}{\varepsilon}\right)$$



Образование полос при параллельных растрах:
 $t = \frac{\delta_0}{|\varepsilon|} \delta_0 \left(1 + \frac{1}{\varepsilon}\right) \text{sign}(\varepsilon)$

1 – равномерный пучок света; 2 – контрольный растр; 3 – эюры накопления U по длине рабочего растра; 4 – деформируемый (рабочий) растр; 5 – эюра интенсивности J света; 6 – возникшие муаровые полосы.

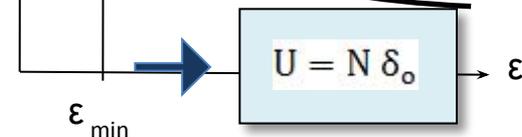
полосы муара: $L = t$ условие образования полосы муара: $\varepsilon_{\min} \cong \frac{\delta_0}{L}$

$$m \delta_1 = k \delta_2 = N t$$

a: $m - k = N$ - порядок полосы $\frac{\delta_0}{\varepsilon_{\min}} = \frac{L^2}{\delta_0}$

При первоначальном равенстве шагов растров:

$$\delta_1 = \delta_2 = \delta_0$$



ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МУАР

Исходные параметры растров:

$$\beta_1 = \beta_2 \quad \delta_1 = \delta_0 \quad \delta_2 = \delta_0(1 + \lambda)$$

Шаг исходных полос муара: $t_0 = \frac{\delta_0}{\lambda}$

После однородного деформирования:

$$\delta_1 = \delta_0 \quad \delta_2 = \delta_0(1 + \lambda + \varepsilon)$$

$$t = \frac{\delta_0}{\lambda + \varepsilon} \rightarrow \boxed{\varepsilon = \frac{\delta_0}{t} - \lambda}$$

В приращениях шага полос муара:

$$\Delta t = t_0 - t = \frac{\delta_0}{\lambda} - \frac{\delta_0}{\lambda + \varepsilon} = \frac{\varepsilon}{(\lambda + \varepsilon)\lambda} \rightarrow \boxed{\varepsilon = \frac{\Delta t \lambda^2}{1 - \Delta t \lambda}}$$

Исходные параметры растров:

Чувствительность метода: $\delta_2 = \delta_0$

$$S = \left| \frac{dt}{d\varepsilon} \right| = \frac{\delta_0}{(\lambda + \varepsilon)^2}$$

$$t = \frac{(1 + \varepsilon)(1 + \lambda)}{\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 - 2\delta_1\delta_2 \cos(\beta_2 - \beta_1)}} = \frac{\delta_0}{\varepsilon - \lambda}$$

После однородного деф

$$S_{\max} = \frac{\delta_0}{\varepsilon_{\min}^2} = \frac{L^2}{\delta_0}$$

$$\delta_1 = \delta_0(1 + \lambda)$$

$$\delta_2 = \delta_0(1 + \lambda + \varepsilon)$$

$$\frac{\delta_0(1 + \lambda) + t\lambda}{t - \delta_0} \approx \frac{\delta_0(1 + \lambda) + t\lambda}{t}$$

$(\lambda \varepsilon \ll 1)$

ОБЩИЙ СЛУЧАЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА

$$\varepsilon_x \varepsilon_x = \sqrt{1 + 2 \frac{\partial U}{\partial x} + \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^2} - 1 \quad \gamma_{xy} = \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = \sqrt{1 + 2 \frac{\partial V}{\partial y} + \left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)^2} - 1 \frac{\partial V}{\partial x}$$

$$\gamma_{xy} = \arcsin \frac{\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial V}{\partial x}}{(1 + \varepsilon_x)(1 + \varepsilon_y)}$$

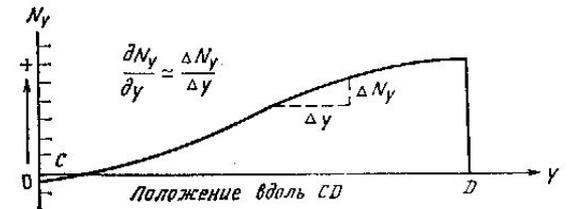
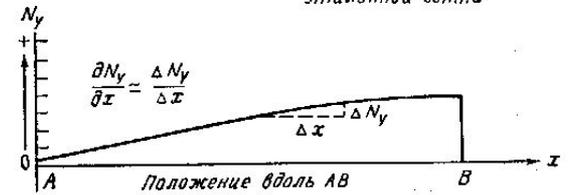
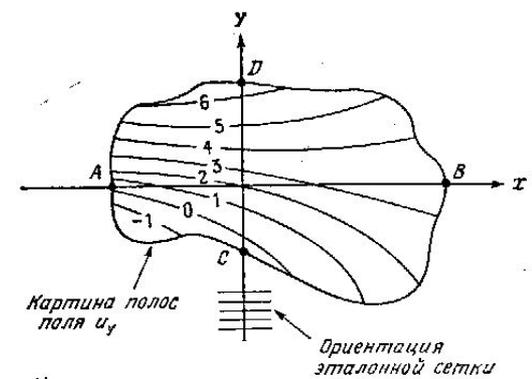
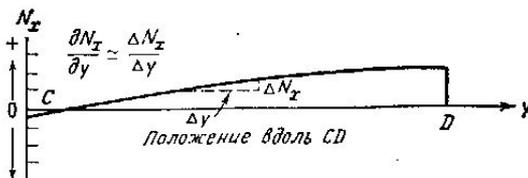
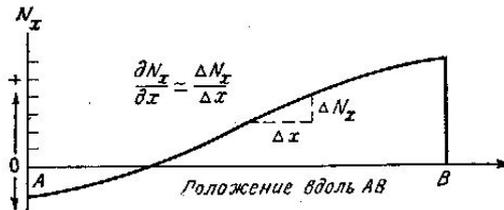
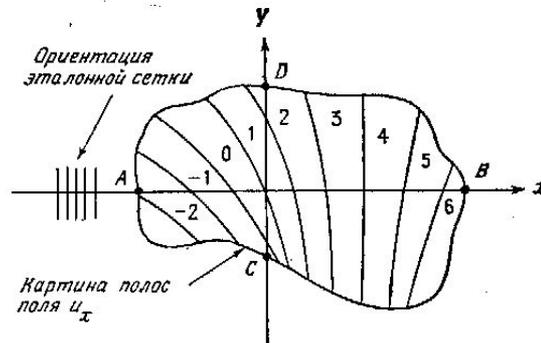
$$U = \delta_o N_x; \quad V = \delta_o N_y$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} = \delta_o \frac{\partial N_x}{\partial x}$$

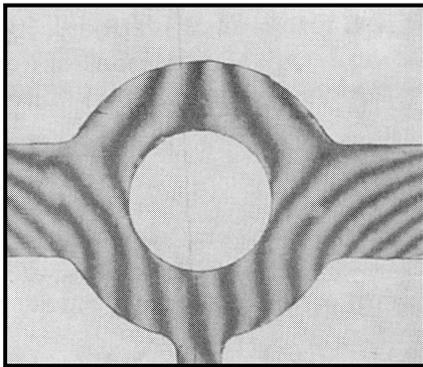
$$\frac{\partial U}{\partial y} = \delta_o \frac{\partial N_x}{\partial y}$$

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \delta_o \frac{\partial N_y}{\partial x}$$

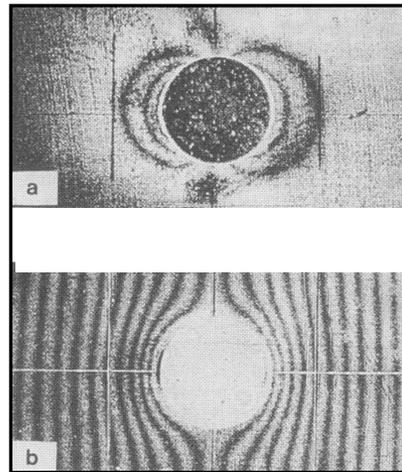
$$\frac{\partial V}{\partial y} = \delta_o \frac{\partial N_y}{\partial y}$$



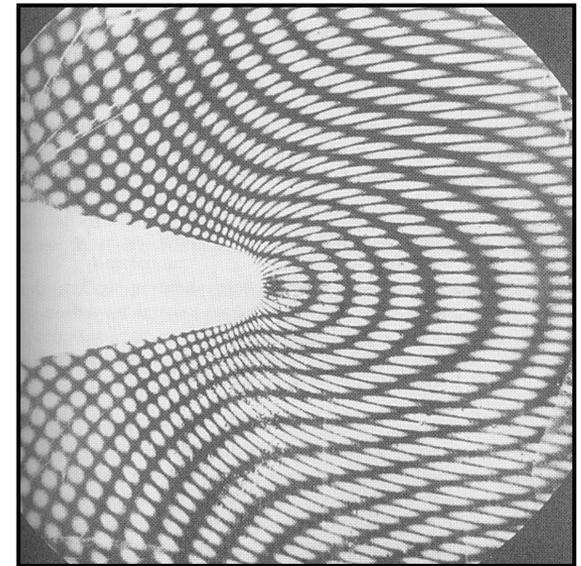
ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА МУАРОВЫХ ПОЛОС



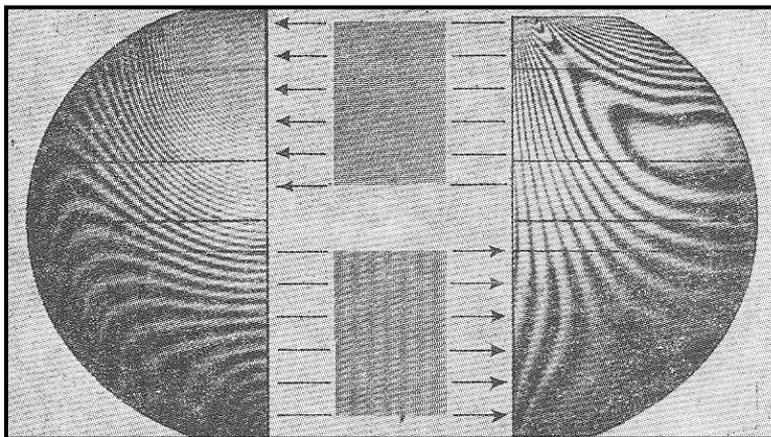
Картина муаровых полос, наблюдаемая при деформации стержневой системы с кольцевым сочленением



Картины полос обычного (а) и дифференциального (б) муара

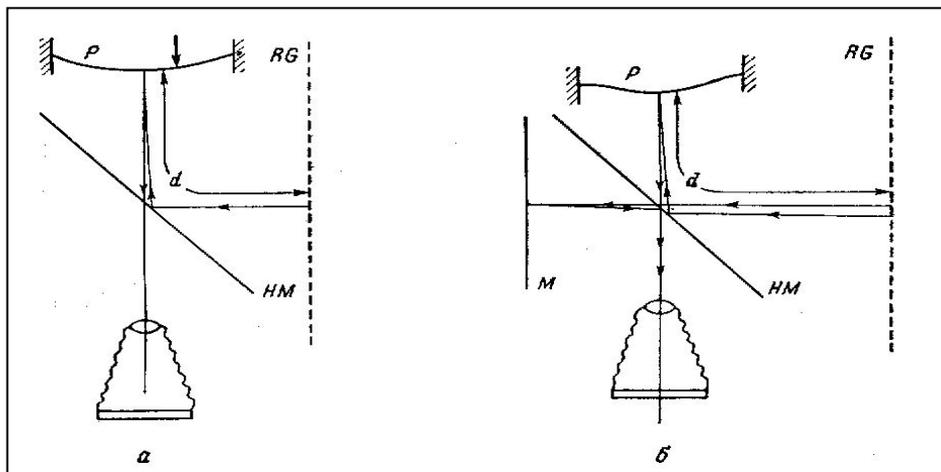


Системы муаровых полос, отражающие взаимно-перпендикулярные компоненты перемещений, полученные при использовании двух скрещенных растров



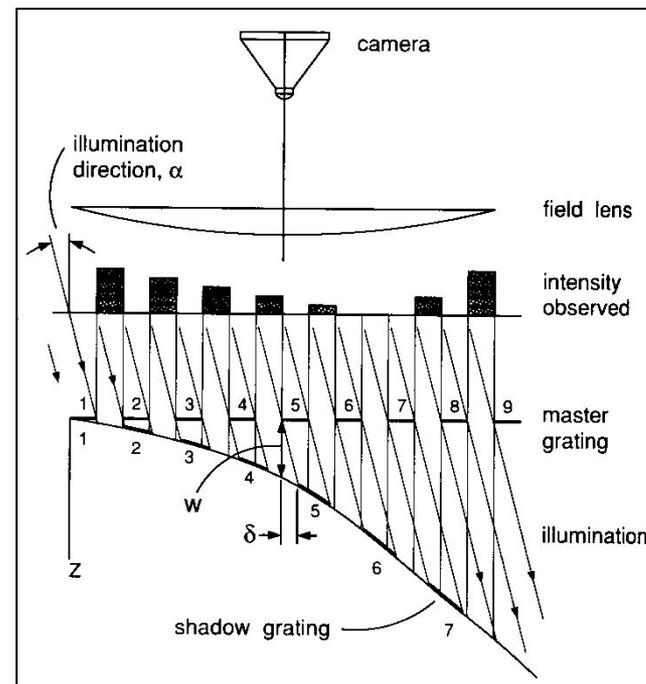
Динамические картины муаровых полос, дающие вертикальные и горизонтальные перемещения диска (полиуретан, \varnothing 125 мм), по которому ударяет груз (30 г), падающий с высоты 1 м. Регистрация осуществлялась через 1,8 мс с помощью микровспышки.

МЕТОДЫ МУАРОВЫХ ПОЛОС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАКЛОНОВ ИЗ ПЛОСКОСТИ

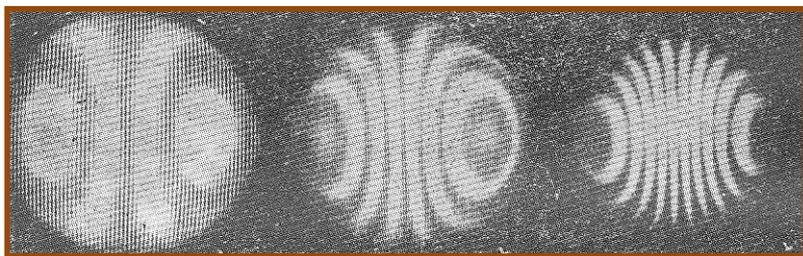


Схемы установок для анализа углов наклона поверхности отражающих пластин. P – пластина; M – зеркало; HM – полупрозрачное зеркало; RG – эталонная сетка.

$$\theta = \frac{\partial W}{\partial x} = \frac{\delta_0 N}{2d}$$



Метод теневого муара



Картины отраженных муаровых полос, дающих углы наклона в горизонтальном направлении для круглой пластины, защемленной по контуру и нагруженной равномерным давлением