преобразованием Фурье от ФРТ. Таким образом, ОПФ может быть представлена в виде:

$$D(\mu;\nu) = \iint_{-\infty}^{\infty} h(x;y) e^{-2\pi i(\mu x+\nu y)} dxdy \qquad (11)$$

Для одномерного тест-объекта (освещенной щели) имеем:

$$D(\mu) = \int_{-\infty}^{\infty} h(y) e^{-2\pi i \mu y} dy \qquad (12)$$

Пользуясь формулой Эйлера

$$e^{-2\pi i \mu y} = \cos \pi \mu y - i \sin \pi \mu y,$$

получим выражение для одномерной 0ПФ, состоящее из вещественной и мнимой частей:

$$d_{Ë}(\mu) = \int_{-\infty}^{\infty} h_{Ë}(y) \cos \pi \mu y dy - i \int_{-\infty}^{\infty} h_{Ë}(y) \sin \pi \mu y dy = T_C(\mu) - iT_S(\mu)$$

ОПФ можно записать с помощью модуля Т(μ) и аргумента φ(μ):

$$D_{Ë}(\mu) = T(\mu) e^{i\varphi(\mu)} \qquad (13)$$

Модуль ОПФ характеризует способность системы передавать контраст объекта при изображении структур различной частоты и называется модуляционной передаточной функцией (МПФ) или частотно-контрастной характеристикой (ЧКХ) системы. Вторая часть выражения является аргументом ОПФ

$$\varphi(\mu) = \arg d_{л}(\mu),$$

который характеризует правильность передачи оптической системой пространственного расположения малых структурных элементов и называется частотно-фазовой характеристикой (ЧФХ).

Объект, состоящий из постоянной составляющей и синусоидальной гармоники, может быть описан выражением:

$$O(y) = b_0 + b_1 \cos 2\pi \mu y, \qquad (14)$$

где b_0 – средняя яркость, b_1 - амплитудное значение яркости, μ - частота.

Распределение освещенности в изображении объекта

$$I(y) = b_0 + b_1 T_\mu \cos(2\pi \mu y - \varphi). \qquad (15)$$

Выражения (13) и (15) отличаются появлением фазового угла φ, показывающего смещение изображения - фазовый сдвиг, и изменением амплитуды b_I в T_μ раз.

Используем формулу для определения контраста синусоидального объекта:

$$K = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} = E_{\min}} = \frac{b_1}{b_0}, \qquad (16)$$

где $E_{\max}$ и $E_{\min}$ - соответственно максимальная и минимальная интенсивности (яркость предмета или освещенность изображения).

Определим контраст объекта

$$K_O = \frac{b_1}{b_0}$$

Для изображения

$$K_I = \frac{b_1 T_\mu}{b_0}$$

отсюда коэффициент изменения амплитуды

$$T_\mu = \frac{K_I}{K_O} \qquad (17)$$

Значение МПФ на фиксированной частоте называют коэффициентом передачи контраста (КПК).

Типичная МПФ оптической системы при увеличении частоты плавно приближается к оси частот. Следовательно, оптическая система неодинаково воспроизводит крупные и мелкие детали объекта: мелкие, соответствующие высоким пространственным частотам, воспроизводятся с меньшим контрастом.

Если ФРТ симметрична, то ЧФХ равна нулю, и для оценки такой системы достаточно использовать только МПФ.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОПТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Практика оценок оптических систем в условиях их крупносерийного производства показывает, что характеризовать качество изображения функциональной зависимостью недостаточно удобно и излишне трудоемко. Требуется охарактеризовать качество изображения одним числом. Такое число, называемое критерием качества изображения, получают при анализе выбранной характеристики качества изображения либо непосредственно из самого изображения выбранного тест-объекта.