

Здесь $J(\lambda')$ — контур, наблюдаемый на выходе монохроматора в ходе сканирования, $a(\lambda - \lambda')$ — инструментальный контур, обладающий свойством инвариантности. Важно подчеркнуть, что при измерениях спектров поглощения или широких полос излучения инструментальный контур a в (2) должен соответствовать ФП и только при измерениях отд. линий излучения свёртка (2) осуществляется с АФ. Анализ выражения (2) показывает, что искажающее действие прибора тем больше, чем больше кривизна измеряемого контура, т. е. чем больше вторая производная $d^2f/d\lambda^2$. Поэтому в качестве количеств. характеристики искажений принимается относит. уменьшение максимума контура (где вторая производная наибольшая), называемое δ_s — погрешностью $\delta_s = (f_m - J_m)/f_m$. Эта погрешность пропорциональна квадрату отношения ширины контуров f и a . В гауссовом приближении $\delta_s = 1/2(s_{\text{эф}}/b_f)^2$, если $s_{\text{эф}} < b_f$, и измерения формы контуров спектров с погрешностью $\delta_s < 1\%$ возможны лишь при $s_{\text{эф}} < b_f/7$.

В реальных приборах всегда имеет место рассеяние излучения на оптич. элементах. Кроме того, возможно появление на выходе излучения, проходящего в рабочих порядках дифракции. Поэтому для целей измерений сплошных (полосатых) спектров описание прибора с помощью контуров АФ и ФП, локализованных только в окрестности длины волны настройки, становится недостаточным. Необходимо учитывать также крылья контуров спектральных линий.

Для каждой λ на входе рассматривается контур АФ, записанный во всём рабочем диапазоне сканирования от начальной λ_n до конечной λ_k . В этом контуре, кроме осн. части спектральной линии шириной $s_{\text{эф}}$ в окрестности λ_0 , учитываются и протяжённые крылья от фона рассеянного излучения и дополнит. пики от др. порядков дифракции на делениях шкалы $\lambda' = m\lambda_0$, $m = 1, 2, 3, \dots$. Совокупность таких АФ для всех элементарных компонент λ_0 исследуемого сплошного спектра даёт полную картину свойств прибора в его рабочем диапазоне: $\lambda_n \leq \lambda_0 \leq \lambda_k$. Графически эта картина представляется трёхмерной поверхностью $a(\lambda_0, \lambda')$ и наз. полной аппаратной функцией (инвариантность в общем случае не предполагается).

Аналогичным образом рассматриваются ф-ции пропускания ФП для каждой длины волны настройки λ'' . Гл. части контуров ФП в окрестности λ' определяют полезный поток на выходе: $F_{\text{вых}} \sim L_\lambda(\lambda'')\delta\lambda$. Здесь $L_\lambda(\lambda)$ — спектральное распределение спектральной плотности яркости источника, $\delta\lambda$ — ширина ФП на λ' . Интеграл по области крыльев ФП определяет поток мешающего излучения P посторонних длин волн. Подчёркиваем, что спектр мешающего излучения определяется спектром входящего потока и может быть существенно шире диапазона $\lambda_n, \dots, \lambda_k$, предусмотренного конструкцией прибора. Отношение потока к полезному потоку наз. уровнем мешающего излучения: $w = P/\Phi_{\text{макс}}$. Эта величина является важнейшей характеристикой спектральных приборов, нередко лимитирующей точность измерений.

Полный набор всех АФ и полный набор всех ФП несут одну и ту же информацию о приборе. В графич. представлении совокупность всех АФ и ФП образует континуумы взаимно перпендикулярных сечений одной и той же трёхмерной полноты АФ.

Модельное описание с помощью ф-ций АФ и ФП, изложенное на примере монохроматоров с решётками, применяется также и к др. приборам и методам С. со спектрально-селективной фильтрацией или модуляцией — как одноканальным, так и многоканальным (см. рис. 2 в ст. *Спектральные приборы*).

При достаточно полном устранении мешающего излучения, пренебрежимых размерах искажений монохроматич. изображений щели и отсутствии погрешнос-

тей в механизме сканирования можно полагать, что контуры АФ и ФП практически совпадают, и тогда $s_{\text{эф}} = \delta\lambda$ и $R = C$. В дальнейшем будем полагать, что эти равенства выполняются.

Приёмно-регистрирующие системы и энергетические ограничения. В рамках оптич. С. обычно предполагается, что источники шумов не столь велики, чтобы невозможно было корректно ставить задачу измерений формы контуров полосатых спектров (или хотя бы интегральных интенсивностей в линейчатых спектрах). Условия измерений характеризуются значениями отношения сигнала к шуму $M = \Phi/\Phi_{\text{ш}}$ [Φ — полезный поток, $\Phi_{\text{ш}}$ — поток, эквивалентный шуму приёмно-регистрирующих систем (ПРС)], причём в С. значения $M \gg 1$, а методами с меньшим значением M решают задачи выделения сигнала на фоне шумов в общей теории оптико-электронных приборов. Используемые в С. ПРС разнообразны. Применяются и фотоэлектронные приёмники с уровнем шума, зависящим от сигнала (фотонный шум), и тепловые приёмники с уровнем шума, не зависящим от потока и имеющим равномерный частотный спектр (белый шум); и те и другие могут работать в сочетании с ЭВМ. Универсальных моделей для всех видов ПРС нет. Рассмотрим, напр., линейную модель типа (2):

$$F(t') = \int_{-\infty}^{\infty} J(t)h(t-t')dt,$$

где $F(t')$ — регистрируемый сигнал, $J(t)$ — сигнал приёмника, воспринимающего изменения потока во времени от сканирующего монохроматора, $h(t-t')$ — импульсный отклик ПРС (реакция на δ -импульс на входе), фурье-образ к-рого в пространстве частот, $h(f)$, наз. передаточной ф-цией. Если в ПРС колебания сигнала невелики и превалирует инерционное звено (напр., RC-фильтр шумов с постоянной времени τ), то имеет место простая связь τ с охватываемой ф-цией $h(f)$ полосой частот Δf : $\tau = 1/4\Delta f$. Значениями τ определяются инерционные искажения контура входного сигнала J , а значениями Δf — уровень шумов на выходе.

Искажения контура J характеризуются инерционной погрешностью δ_s (имеющей аналогично δ_s смысл относит. снижения максимума контура). При умеренных скоростях сканирования ($v < 0,2 b_f/\tau$, где b_f — ширина J в единицах спектральной шкалы) имеет место приближённое выражение $\delta_s \approx 2,8(v\tau/b_f)^2$. Напр., измерения формы J контуров с погрешностью $\delta_s < 1\%$ возможны лишь за время b_f/v , превышающее в 17 раз постоянную времени τ .

Инерционные погрешности могут быть уменьшены построением более сложных ПРС высших порядков или переходом к шаговому сканированию с отсчётом и усреднением сигнала на каждом шаге.

Если в системе применён приёмник с плотностью среднеквадратичного белого шума в единичной полосе частот $\Phi_{\text{ш}}[\text{Вт} \cdot \text{Гц}^{-1/2}]$ и эта плотность не зависит от сигнала, то приведённый ко входу уровень шумов в системе с полосой Δf будет $\Phi_{\text{ш}} = \Phi_{\text{ш}}\sqrt{\Delta f}$. Общее выражение для потока, проходящего через оптич. систему, имеет вид $\Phi = L_\lambda q G \delta\lambda$ (q — коэф. потерь, G — геометрический фактор системы). Отсюда получается выражение для отношения сигнала к шуму, $M = \Phi/\Phi_{\text{ш}}$, и находятся общие энергетич. условия, определяющие диапазоны возможностей измерит. систем рассматриваемого типа:

для случая измерений полосатых спектров излучения и поглощения

$$\frac{M\sqrt{\Delta f}}{(\delta\lambda)^2} = Q(\lambda) = L_\lambda(\lambda)q(\lambda)R_{\text{диф}} \frac{G'}{\Phi_{\text{ш}}} \quad (3)$$

(G' — вертикальная составляющая геом. фактора приёмника);