

Елена Евгеньевна Мухина родилась в 1973 г., окончила в 1997 г. МГТУ им. Н.Э.Баумана. Научный сотрудник кафедры “Лазерные и оптико-электронные системы” МГТУ им. Н.Э.Баумана. Автор более 20 научных работ в области лазерного зондирования и локации.

Ye. Ye. Mukhina (b. 1973) graduated from the Bauman Moscow State Technical University in 1997. Researcher of “Laser and Optical-and-Electronic Systems” department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of over 20 publications in the field of the laser sounding and location.



Владимир Михайлович Орлов родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Московский институт химического машиностроения. Д-р физ.-мат. наук. Автор более 150 научных работ в области лазерной локации и атмосферной оптики.

V.M. Orlov (b. 1936) graduated from Moscow Institute for Chemical Machine Building in 1959. D.Sc. (Phys.-Math.). Author of over 150 publications in the field of the laser location and atmosphere optics.

УДК 629.7.054.001

И. М. И л ю х и н

МЕТОДИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА ПЕЛЕНГАЦИОННОГО КЛАССА

Предложена методика расчета-синтеза оптико-электронного прибора пеленгационного класса, позволяющая после выбора принципиальной схемы и основных функциональных блоков разрабатываемого устройства определить важнейшие параметры его оптической системы и электронного тракта.

При проведении энергетического расчета оптико-электронного прибора может возникнуть необходимость в решении задач двух типов:

- 1) расчета-анализа, в ходе которого определяются энергетические возможности уже существующего прибора;
- 2) расчета-синтеза, при котором обосновывается выбор принципиальной схемы прибора и его основных функциональных блоков, а затем рассчитываются их важнейшие параметры.

Решение обоих типов задач проводится с использованием единых пространственно-энергетических соотношений с той лишь разницей, что заданные и рассчитываемые параметры “меняются местами”.

Наиболее общей задачей является задача синтеза нового прибора, и при разработке оптического пеленгатора она решается, например, с такой последовательностью действий.

1. На основе анализа технического задания для создаваемого прибора и опыта предшествующих разработок подобных устройств, а также с учетом имеющейся элементной базы и технологических возможностей производства обосновывают выбор спектральной области работы пеленгатора, его принципиальной схемы и основных функциональных блоков, типа оптической системы (ОС) и материалов, из которых изготовлены ее компоненты, способа анализа изображения и измерения координат цели, типа и конкретных параметров приемника излучения (ПИ), структуры и частотной характеристики усилительного тракта (УТ). Это позволяет рассчитать спектральные коэффициенты пропускания слоя атмосферы $\tau_a(\lambda)$, разделяющего цель и прибор, и оптической системы этого прибора $\tau_{OC}(\lambda)$, а также параметры усилительного тракта: его эффективную полосу пропускания $\Delta\nu_{УТ}$ и ее положение $\nu_{УТ}$ на шкале частот.

2. Предварительно выбрав (например, как наибольшее из допустимых значений) относительное отверстие ОС Θ_{OC} , т.е. отношение диаметра ее входного зрачка D к заднему фокусному расстоянию f'_{OC} , определяются энергетические и габаритные характеристики прибора на базе решения основного соотношения

$$U_c \geq \mu_0 U_{ш} + U_{с.п}, \quad (1)$$

где U_c — минимальное значение сигнала для надежного обнаружения цели, которое определяется допустимыми вероятностями ее возможного пропуска $P_{пр}$ и ложной тревоги $P_{л.т}$ (срабатывания прибора при отсутствии цели в его угловом поле); $U_{ш}$ — среднеквадратическое значение суммарных (внешних и внутренних) шумов (случайных помех); $U_{с.п}$ — помеховый сигнал от “ложной” цели или единичного “всплеска” яркости излучения фона (например, на границе между двумя различными его типами); $\mu_0 = (U_c - U_{с.п})/U_{ш}$ — значение отношения сигнал/шум, при котором происходит обнаружение цели с требуемыми вероятностными характеристиками, $\mu_0 = \mu_0(P_{пр}, P_{л.т})$.

3. После уточнения ранее выбранных параметров фотоприемной системы (ФПС) прибора с учетом полученного в п. 2 значения D рассчитывают фокусное расстояние и угловое поле ОС: $f'_{OC} = D/\Theta_{OC}$, $2\omega = D_{п.д}/f'_{OC}$ (здесь $D_{п.д}$ — выбранный диаметр полевой диафрагмы, функцию которой в зависимости от реализуемой схемы прибора может выполнять анализатор изображения (АИ) или чувствительная площадка ПИ), а также требуемое качество изображения, задаваемое допустимым кружком рассеяния с диаметром d_d . Значение последнего, в свою очередь, рассчитывают, например, следующим образом: $d_d/f'_{OC} = (6' \dots 8')$ или $d_d = b_{эл}$, где $b_{эл}$ — размер элементарной ячей-

ки растра-анализатора или чувствительного слоя многоплощадочного ПИ.

4. Проверяют техническую и экономическую возможности реализации ОС с рассчитанными ранее параметрами; ОС должна отвечать, как минимум, следующим трем условиям:

а) $\Theta_{OC} \leq 0,6 \dots 0,7$ для линзовой ОС и $\Theta_{OC} \leq 0,9 \dots 1,1$ для зеркальной ОС;

б) $D \leq 100 \dots 125$ мм для линзовой ОС и $D \leq 150 \dots 200$ мм для зеркальной ОС;

в) $d_d \geq d_o$ (где d_o — ожидаемый кружок рассеяния, определяемый как функция типа ОС, ее рабочего спектрального диапазона, а также требуемых значений Θ_{OC} и 2ω).

5. Согласно полученным значениям основных параметров ОС (D , f'_{OC} , $2\omega_d$ и d_d) либо выбирают уже существующий объектив с близкими параметрами, либо синтезируют (рассчитывают) новый объектив с требуемыми характеристиками.

После этого с учетом конструктивных соображений и требуемых технических характеристик прибора уточняют геометрические параметры (взаимное положение, световые диаметры, осевые толщины и т.д.) всех компонентов ОС, а затем окончательное значение ее спектрального коэффициента пропускания $\tau_{OC}(\lambda)$. Итогом всех этих расчетных операций является чертеж ОС, который является основой для конструкции разрабатываемого прибора.

6. Для предварительно выбранной структуры и частотной характеристики ($\Delta\nu_{УТ}$ и $\nu_{УТ}$) усилительного тракта (усилителя, следующего за ПИ) рассчитывают такие его параметры, как сопротивление на входе, собственные шумы, значение минимального сигнала на входе, необходимый коэффициент усиления, число каскадов и др. Это позволяет приступить к окончательной разработке электронного тракта, которая заканчивается выполнением чертежа его принципиальной электрической схемы.

Покажем, как на этапе эскизного проектирования с использованием аппарата схемотехники и фотометрии можно представить основное соотношение (1) в виде, удобном для окончательного расчета прибора, и в процессе его решения рассчитать требуемое значение D ФПС разрабатываемого прибора, а также параметры его УТ.

Будем полагать, что в угловом поле пеленгатора нет специально поставленных противником ложных целей, а одномерное распределение яркости вдоль оси z его возможного перемещения в пространстве со скоростью V_z имеет вид, представленный на рис. 1, где L_ϕ , σ_ϕ и ΔL_ϕ — соответственно постоянная составляющая, среднеквадратическое зна-

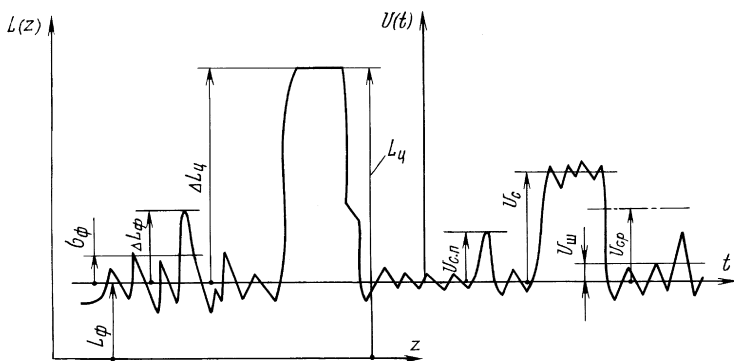


Рис. 1. Одномерное распределение яркости и адекватная ему диаграмма сигналов

чение и наибольший единичный градиент (“всплеск”) пространственной функции яркости излучения фона, а $L_{ц}$ и $\Delta L_{ц}$ — абсолютная и контрастная яркости излучения цели. Адекватная распределению яркости диаграмма электрических сигналов и помех (шумов) на выходе ПИ (входе УТ) представлена также на рис. 1, где $U_{ш}$ — среднеквадратическое значение суммарных шумов, вызванных влиянием флюктуаций излучения фона и внутриприборных помех (шумами ПИ и УТ); $U_{с.п}$ — единичный помеховый сигнал, обусловленный максимальной флюктуацией излучения фона $\Delta L_{ф}$; $U_{с}$ — полезный сигнал от цели, а $U_{ср}$ — сигнал, при котором происходит надежное срабатывание прибора, когда последний не реагирует на помехи.

Поскольку оптический пеленгатор реагирует на контраст яркости цели по отношению к окружающему ее фону, т.е. на $\Delta L_{ц} = L_{ц} - L_{ф}$, то выражение (1) можно заменить на эквивалентное ему равенство для оптических сигналов:

$$\Delta \Phi_{эф.ц} = \mu P_{эф.пр}; \quad (2)$$

здесь $\Delta \Phi_{эф.ц}$ — полезный сигнал, или эффективный контрастный поток от цели в плоскости ПИ (аналог $U_{с}$); $P_{эф.пр}$ — эффективный пороговый поток ПИ, приведенный (пересчитанный) к условиям работы ПИ в приборе (аналог его собственных приборных шумов); μ — значение отношения сигнал/шум ПИ, при котором с учетом совместного действия всех видов помех обеспечиваются требуемые вероятностные характеристики обнаружения цели (выполняется условие (1)).

В режиме обнаружения цели, когда $\beta \rightarrow 0$ (рис. 2), имеем

$$\Delta \Phi_{эф.ц} = \frac{\Delta L_{эф.ц} A_{ц} \cos i A_{зр.вх} (1 - \eta_{экр}) \eta_{с.о.с}}{R_{обн}^2}, \quad (3)$$

где $\Delta L_{эф.ц}$ — эффективный контраст яркости цели; $A_{ц} \cos i$ — эффективная площадь излучающей поверхности цели; $A_{зр.вх}$ — искомая пло-

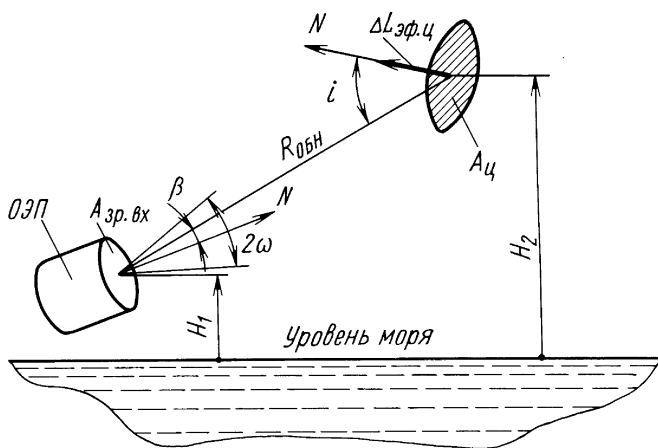


Рис. 2. Расположение прибора и цели в пространстве

щадь входного зрачка ОС разрабатываемого оптико-электронного прибора; $\eta_{\text{экp}}$ — безразмерный коэффициент экранировки площади зрачка входа элементами конструкции прибора; $\eta_{\text{с.о.с}}$ — КПД используемой в приборе системы обработки сигналов (анализа оптического и усиления электрического сигналов [1]); $R_{\text{обн}}$ — требуемая техническим заданием дальность надежного обнаружения цели.

При пассивном методе работы оптико-электронного прибора используется излучение цели и окружающего ее фона вследствие либо их собственного (теплового), либо отражаемого ими солнечного излучения.

Для диффузно излучающих, т.е. “серых”, тепловых целей и фона имеем

$$\Delta L_{\text{эф.ц}} = \frac{\sigma_{\text{Б}}}{\pi} (T_{\text{ц}}^4 K_{\text{ФПС}}(T_{\text{ц}}) - T_{\text{ф}}^4 K_{\text{ФПС}}(T_{\text{ф}})), \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{Б}} = 5,67 \cdot 10^{-12} \text{Вт}/(\text{см}^2 \cdot \text{К}^4)$ — постоянная Стефана–Больцмана, а $K_{\text{ФПС}}(T_{\text{ц}})$, $K_{\text{ФПС}}(T_{\text{ф}})$ — безразмерные коэффициенты использования в ФПС прибора соответственно излучения цели и фона. Значение $K_{\text{ФПС}}(T_{\text{ц}})$ рассчитывается следующим образом:

$$K_{\text{ФПС}}(T_{\text{ц}}) = \frac{\varepsilon_{\text{ц}} \int_0^{\infty} M_{\lambda}(T_{\text{ц}}) \tau_{\text{а}}(\lambda) \tau_{\text{ОС}}(\lambda) S_{\text{ПИ}}(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} M_{\lambda}(T_{\text{ц}}) d\lambda}.$$

Этот коэффициент определяет, какую часть энергии излучения абсолютно черного тела, имеющего температуру $T_{\text{ц}}$, составляет излуче-

ние реальной цели с коэффициентом “черноты” $\varepsilon_{\text{ц}}$. Эта часть энергии эффективно используется ФПС прибора для формирования полезного сигнала с учетом спектрального пропускания слоя атмосферы (оно зависит от $R_{\text{обц}}$, H_1 , H_2 и метеоусловий наблюдения) и оптики, а также относительной спектральной характеристики приемника излучения $S_{\text{ПИ}}(\lambda)$. Соответственно, определяют значение коэффициента $K_{\text{ФПС}}(T_{\text{ф}})$ при $T = T_{\text{ф}}$ и $\varepsilon_{\text{ф}} = 1$

Для цели и фона, диффузно отражающих излучение Солнца, имеем

$$\Delta L_{\text{эф.ц}} = \frac{E_{\text{ц.м}}(\lambda)}{\pi} (\Delta \lambda_{\text{ц}} - \Delta \lambda_{\text{ф}}),$$

где $E_{\text{ц.м}}(\lambda)$ — максимальная спектральная облученность цели солнцем с учетом пропускания слоя пространства $\tau_{\text{пр}}(\lambda)$, разделяющего светило и цель, а также угла φ падения излучения солнца относительно нормали N к ее поверхности, т.е.

$$E_{\text{ц.м}}(\lambda) = E_{\text{с.м}}(\lambda) \tau_{\text{пр}}(\lambda) \cos \varphi;$$

здесь $E_{\text{с.м}}(\lambda)$ — значение солнечной постоянной в максимуме спектра излучения светила;

$$\Delta \lambda_{\text{ц}} = \int_0^{\infty} M_{\lambda}(T_{\text{с}}) \rho_{\text{ц}}(\lambda) \tau_{\text{а}}(\lambda) \tau_{\text{ос}}(\lambda) S_{\text{ПИ}}(\lambda) d\lambda$$

и $\Delta \lambda_{\text{ф}}$ (определяется аналогично) — эффективные спектральные полосы излучения цели и фона соответственно; $\rho_{\text{ц}}(\lambda)$ и $\rho_{\text{ф}}(\lambda)$ — спектральные коэффициенты яркости (отражения) цели и фона; $M_{\lambda}(T_{\text{с}})$ — относительная спектральная светимость солнца. Полагая излучение солнца соответствующим излучению абсолютно черного тела, имеющего температуру 5800 К, а его угловые размеры при наблюдении с поверхности Земли равными $32'$, можно показать, что при $\varphi = 0$ светило создает у границы земной атмосферы облученность $E_{\text{с.м}}(\lambda) = 0,181 \text{ Вт}/(\text{см} \times \text{мкм})$, а на уровне моря (поверхности земли) $E_{\text{с.м}}(\lambda) = 0,117 \text{ Вт}/(\text{см} \times \text{мкм})$.

Значение $P_{\text{эф.пр}}$ может быть получено пересчетом удельной чувствительности ПИ, указанной в паспорте, $P^* [\text{Вт} \cdot \text{см} \cdot \text{Гц}^{-0,5}]$, которая приводится в справочной литературе применительно к известным (стандартным) значениям температуры источника излучения $T_{\text{ст}}$ и частоты его модуляции $\nu_{\text{ст}}$ для площади чувствительного слоя $A_{\text{ст}} = 1 \text{ см}^2$ и полосы пропускания $\Delta \nu_{\text{ст}} = 1 \text{ Гц}$, определяющих уровень шумов приемника:

$$P_{\text{эф.пр}} = P^*(A_{\text{ПИ}})^{0,5} K_{\text{ПИ}}(T_{\text{ст}}) K_P(\nu_{\text{ст}}, \nu_{\text{пр}}, \Delta\nu_{\text{пр}}) K_P(\tau_{\text{ПИ}}, \nu_{\text{ст}}, \nu_{\text{пр}}) \times \\ \times K_P(\Phi_{\text{эф.ф}}) = P_{\text{эф.пр}}(0) K_P(\Phi_{\text{эф.ф}}), \quad (5)$$

где $A_{\text{ПИ}}$ — площадь чувствительного слоя ПИ в см².

Методика расчета коэффициентов, входящих в выражение (5), подробно изложена в работе [2], а поэтому приведем лишь зависимости для их расчета и необходимые краткие пояснения.

Безразмерный коэффициент использования ПИ излучения стандартного источника определяется формулой

$$K_{\text{ПИ}}(T_{\text{ст}}) = \frac{\int_0^{\infty} M_{\lambda}(T_{\text{ст}}) S_{\text{ПИ}}(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} M_{\lambda}(T_{\text{ст}}) d\lambda},$$

а безразмерный коэффициент, учитывающий влияние на $P_{\text{эф.пр}}$ его инерциальных свойств (постоянной времени $\tau_{\text{ПИ}}$), — формулой

$$K_P(\nu_{\text{ст}}, \nu_{\text{пр}}, \tau_{\text{ПИ}}) = \left(\frac{1 + (2\pi\nu_{\text{пр}}\tau_{\text{ПИ}})^2}{1 + (2\pi\nu_{\text{ст}}\tau_{\text{ПИ}})^2} \right)^{0,5}.$$

Коэффициент $K_P(\nu_{\text{ст}}, \nu_{\text{пр}}, \Delta\nu_{\text{пр}})$ учитывает влияние на $P_{\text{эф.пр}}$ полосы пропускания УТ $\Delta\nu_{\text{пр}}$ и ее положения $\nu_{\text{пр}}$ на шкале частот, а его значение зависит от спектральной плотности мощности шумов ПИ и положения $\nu_{\text{пр}}$ относительно $\nu_{\text{ст}}$. При наиболее благоприятном расположении $\nu_{\text{ст}}$ относительно $\nu_{\text{пр}}$ на шкале частот в зоне так называемых “белых” шумов ПИ можно показать, что $K_P(\nu_{\text{ст}}, \nu_{\text{пр}}, \Delta\nu_{\text{пр}}) = \sqrt{\Delta\nu_{\text{пр}}}$. Методика расчета этого коэффициента при других вариантах расположения $\nu_{\text{ст}}$ относительно $\nu_{\text{пр}}$ на шкале частот подробно рассмотрена в работе [2].

Наконец, для расчета безразмерного коэффициента $K_P(\Phi_{\text{эф.ф}})$, который учитывает влияние на $P_{\text{эф.пр}}$ постоянной составляющей излучения фона $\Phi_{\text{эф.ф}}$ и вследствие которого снижается чувствительность ПИ, можно использовать зависимость вида

$$K_P(\Phi_{\text{эф.ф}}) = \left(\frac{1 + B_{\Phi}\Phi_{\text{эф.ф}}}{P_{\text{эф.пр}}(0)} \right)^{0,5},$$

где B_{Φ} — безразмерный коэффициент, зависящий от типа ПИ и температуры его чувствительного слоя [2].

Без учета собственного излучения элементов конструкции прибора (в первую очередь, компонентов его ОС) значение постоянной составляющей эффективного потока энергии в плоскости ПИ для теплового фона может быть рассчитано следующим образом:

$$\Phi_{\text{эф.ф}} = \sigma_{\text{Б}} T_{\text{ф}}^4 K_{\text{ФПС}}(T_{\text{ф}}) \cdot 0,25 \Theta_{\text{ОС}}^2 A_{\text{п.д}} (1 - \eta_{\text{экр}}) K_{\text{АИ}}, \quad (6)$$

а для фона, отражающего и рассеивающего солнечное излучение, — следующим образом:

$$\Phi_{\text{эф.ф}} = E_{\text{ф.м}}(\lambda) \Delta \lambda_{\text{ф}} \cdot 0,25 \Theta_{\text{ОС}}^2 A_{\text{п.д}} (1 - \eta_{\text{экр}}) K_{\text{АИ}},$$

где $E_{\text{ф.м}}$ — максимальная спектральная облученность фона солнцем; $A_{\text{п.д}}$ — площадь полевой диафрагмы ОС прибора; $K_{\text{АИ}}$ — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние на значение $\Phi_{\text{эф.ф}}$ пространственной структуры АИ (его средний за период обновления информации коэффициент пропускания).

Поскольку $P_{\text{эф.пр}}$ — аналог только собственных шумов ПИ $U_{\text{ш.ПИ}}$, а их суммарный уровень определяется выражением

$$U_{\text{ш}} = U_{\text{ш.ПИ}} \left(1 + \left(\frac{U_{\text{ш.УТ}}}{U_{\text{ш.ПИ}}} \right)^2 + \left(\frac{U_{\text{ш.ф}}}{U_{\text{ш.ПИ}}} \right)^2 \right)^{0,5} = U_{\text{ш.ПИ}} (1 + q_1 + q_2)^{0,5},$$

где $U_{\text{ш.УТ}}$ — собственные шумы УТ, $U_{\text{ш.ф}}$ — шумы, обусловленные флуктуациями излучения фона, то в общем случае согласно формулам (1) и (2) справедливо следующее равенство:

$$\mu = \frac{U_{\text{с}}}{U_{\text{ш.ПИ}}} = \mu_0 (1 + q_1 + q_2)^{0,5} + \frac{U_{\text{с.п}}}{U_{\text{ш.ПИ}}}. \quad (7)$$

Точный расчет коэффициентов q_1 и q_2 , а также отношения $U_{\text{с.п}}/U_{\text{ш.ПИ}}$ вызывает определенные трудности. Значение q_1 может быть рассчитано лишь применительно к конкретной схеме подключения ПИ ко входу УТ с известными параметрами, а q_2 — согласно теории преобразования сигналов в оптико-электронном приборе для заданной пространственной структуры фона и известных передаточных функций ОС, АИ, ПИ и УТ прибора. Те же функции должны быть известны для расчета отношения $U_{\text{с.п}}/U_{\text{ш.ПИ}}$. Поэтому на этапе эскизного проектирования, когда перечисленные характеристики разрабатываемого прибора еще не известны, следует:

1) значение q_1 выбирать на основе экспертных оценок, т.е. опыта разработки аналогичных каскадов на входе УТ;

2) значение q_2 принимать равным нулю, так как для правильно выбранного углового поля прибора $\sigma_{\text{ф}} \rightarrow 0$;

3) отношение $U_{с.п}/U_{ш.ПИ}$ считать равным отношению $\Phi_{эф.ф}^*/P_{эф.пр}$, где $\Phi_{эф.ф}^*$ — эффективный поток энергии в плоскости ПИ, вызванный наибольшим единичным “всплеском” $\Delta L_{ф}$ яркости излучения фона при попадании последнего в угловое поле прибора.

В зависимости от исполнения схемы подключения ПИ ко входу УТ можно принимать $0,05 < q_1 < 0,12$ для одноплощадочных и $0,16 < q_1 < 0,36$ для многоплощадочных ПИ. Кроме того, полагая пространственную структуру фона такой, что изображение его яркости неоднородности, единичной в пределах углового поля прибора и максимальной по контрасту, соответствует размеру одной ячейки АИ, можно считать, что

$$\Phi_{эф.ф}^* = \Delta L_{ф} K_{ФПС}(T_{ф}) \cdot 0,25\pi \Theta_{ОС}^2 A_{п.д}(1 - \eta_{экр}) \eta_{с.о.с} K_{АИ}^*,$$

где $K_{АИ}^*$ — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние на $\Phi_{эф.ф}^*$ пространственной структуры АИ [1]. При таком предположении мешающее действие неоднородности излучения фона на работу прибора будет наиболее неблагоприятным и аналогичным действию ложной цели, т.е. эта помеха будет определять оценку сверху и может считаться систематической.

С учетом изложенного значение μ можно определить следующим образом:

$$\mu = \frac{U_c}{U_{ш.ПИ}} = \mu_0(1 + q_1)^{0,5} + \frac{\Phi_{эф.ф}^*}{P_{эф.пр}}.$$

Тогда согласно равенству (2), где $\Delta \Phi_{эф.ф} = f(A_{зр.вх})$, сначала определяют значение $A_{зр.вх}$, а затем $D = 2(A_{зр.вх}/\pi)^{0,5}$.

Основой для расчета важнейших параметров УТ (кроме ранее выбранных $\Delta \nu_{УТ}$ и $\nu_{УТ}$) являются характеристики ПИ, указанные в паспорте. Применительно к одноплощадочному фоторезистору, включенному по схеме делителя напряжения при сопротивлении его нагрузки $R_{н} = R_{ПИ}$, будут справедливы следующие соотношения: $R_{вх.УТ} = (5 \dots 10)R_{ПИ}$, $U_{ш.УТ} = U_{ш.ПИ}\sqrt{q_1}$ и $U_c = \mu U_{ш.ПИ}$, где $R_{ПИ}$ — “темное” сопротивление ПИ, $U_{ш.ПИ}$ — его собственные приборные шумы, $R_{вх.УТ}$ — сопротивление на входе УТ. Их среднеквадратическое значение, в свою очередь, рассчитывают по формуле

$$U_{ш.ПИ} = \frac{P_{эф.пр} S(T_{ст})}{K_{ПИ}(T_{ст})},$$

где $S(T_{ст})$ — вольтовая чувствительность ПИ при стандартных его испытаниях, значение которой приведено в его паспорте или может быть найдено в справочной литературе.

Наконец, значение порога срабатывания $U_{\text{ср}}$ устройства принятия решения прибора, приведенное ко входу УТ, при $P_{\text{л.т}} = P_{\text{пр}}$ рассчитывают следующим образом:

$$U_{\text{ср}} = U_{\text{ш.пи}} \mu_{\text{ср}} = U_{\text{ш.пи}} \left(0,5 \mu_0 (1 + q_1)^{0,5} + \frac{\Phi_{\text{эф.ф}}^*}{P_{\text{эф.пр}}} \right).$$

Таким образом, согласно предложенной методике на этапе эскизного проектирования оптико-электронных приборов могут быть рассчитаны все важнейшие параметры его фотоприемной системы и электронного тракта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илюхин И. М. Энергетическая эффективность устройств обработки сигналов в оптико-электронных приборах // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Приборостроение". – 1999. – № 3. – С. 59–65.
2. Дикарев В. Н., Илюхин И. М. Методика и примеры эскизного проектирования оптико-электронных приборов. Ч. 1. Этапы проектирования и обоснование выбора принципиальной схемы прибора. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 24 с.

Статья поступила в редакцию 22.04.2003



Игорь Михайлович Илюхин родился в 1937 г., окончил в 1961 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана. Канд. техн. наук, доцент кафедры "Лазерные и оптико-электронные системы" МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор 46 научных работ в области проектирования и производства оптико-электронных приборов систем управления.

I.M. Ilyukhin (b. 1937) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1961. Ph.D.(Eng.), ass. professor of "Laser and Optical and Electronic Systems" department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 46 publications in the field of design and manufacturing of optical and electronic devices for control systems.