

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ОПТИКО- ЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕД.

*Афанасьев А.А., Писарик В.В., Гоголинский В.Ф., Марков
А.П.*

Могилевский Машиностроительный Институт

Одним из важнейших узлов ОЭП является оптическая система, основное назначение которой заключается в формировании потоков излучения, содержащих информацию о контролируемом объекте. Для обеспечения нормального функционирования ОЭП необходимо выполнить энергетические соотношения между параметрами фотоприёмника, с одной стороны, и параметрами (структурой) оптических элементов, формирующих поток излучения, оптическими свойствами объекта контроля и окружающей среды, с другой стороны.



Рисунок 1 - Обобщенная модель ОЭП

Обобщенная модель ОЭП представлена на рисунке 1.

Поток излучения Φ_0 , генерируемый источником 1, формируется передающей оптической системой 2 с целью получения требуемых для нормальной работы ОЭП энергетических, геометрических и спектральных характеристик потока Φ_1 , непосредственно взаимодействующего с объектом контроля 3. Контролируемые параметры объекта воздействуют на поток Φ_1 и результирующий поток Φ_2 , собранный приемной оптической системой 4 и направляемый на светочувствительный слой фотоприемника 5 в виде потока Φ_n .

На все структурные элементы ОЭП воздействуют влияющие факторы, к которым относятся: температура, влажность, посторонние потоки излучения, изменения коэффициентов пропускания оптических элементов в следствие старения и загрязнения, нестабильность напряжений, питающих источник излучения и фотоприемник, оптические свойства среды, окружающие объект контроля и через которую распространяются потоки Φ_1 и Φ_2 . Величины и характер воздействия влияющих факторов в общем случае случайны и для их минимизации следует проводить тщательный анализ и оптимизацию структуры ОЭП. Рассмотрим структурные схемы ОЭП и их математические модели.

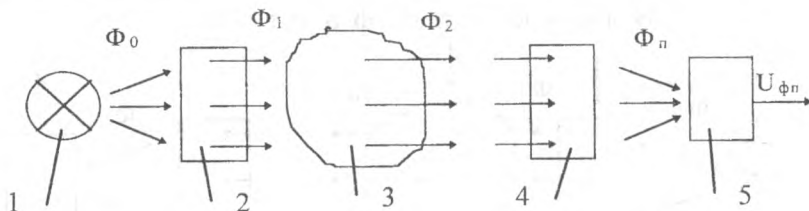


Рисунок 2 - Схема одноканального ОЭП

Поток Φ_0 от источника 1 формируется передающей оптической системой 2 и в виде потока Φ_1 подводится к объекту контроля 3, после взаимодействия с которым преобразуется в поток Φ_2 , формируемый затем приемной оптической системой 4 в поток Φ_n , падающий на фотоприемник 5. На выходе фотоприемника генерируется электрический сигнал $U_{\Phi n}$, являющийся функцией многих переменных:

$$U_{\Phi n} = I_{\Pi} \cdot K_{\text{пр}} \cdot \tau_1 \cdot \tau_{\text{п1}} \cdot \tau_{\text{ос}} \cdot \tau_{\text{ок}} \cdot \tau_2 \cdot \tau_{\text{п2}} \cdot S_{\text{фп}}, (1)$$

где

I_{Π} - прямой ток, протекающий через источник излучения;

$K_{\text{пр}}$ - коэффициент преобразования электрического тока в поток излучения;

τ_1, τ_2 - коэффициенты пропускания передающей и приемной оптических систем;

$\tau_{\text{п1}}, \tau_{\text{п2}}$ - коэффициенты пропускания оптических поверхностей передающей и приемной оптических систем, контактирующих с окружающей средой.

$\tau_{\text{ос}}$ - коэффициент пропускания окружающей среды;

$\tau_{\text{ок}}$ - коэффициент пропускания объекта контроля;

$S_{\text{фп}}$ - спектральная характеристика фотоприемника.

Информативным параметром в выражении (1) является величина $\tau_{ок}$, которая изменяется при изменении физических параметров объекта контроля.

Можно предположить, что параметры τ_1 и τ_2 , характеризующие оптические свойства передающей и приемной системы, остаются практически неизменными и тогда

$$U_{фп} = f(I_{п}, K_{пр}, \tau_{п1}, \tau_{о с} \tau_{о ю} \tau_{п2}, S_{фп}). \quad (2)$$

В частном случае, когда объект контроля жидкость или газообразная среда, заполняющие пространство между передающей и приемной оптическими системами, параметр $\tau_{о с}$ в выражении (2) можно исключить:

$$U_{фп} = f(I_{п}, K_{пр}, \tau_{п1}, \tau_{о ю} \tau_{п2}, S_{фп}). \quad (3)$$

Величины $I_{п}$ и $K_{пр}$ зависят от типа используемого источника излучения и величины питающего напряжения и непосредственно влияют на параметр Φ_0 . Следовательно, чтобы поток Φ_0 оставался постоянным, необходимо стабилизировать напряжение источника питания (при неизменном внутреннем сопротивлении источника излучения). Если внутреннее сопротивление источника излучения изменяется, например, под воздействием температуры, то будет изменяться и поток Φ_0 . Состояние оптических поверхностей зависит от окружающей среды (условий эксплуатации) и от объекта контроля. Для лабораторных условий при контроле объектов, не контактирующих с оптическими элементами 2 и 4, можно предположить параметры $\tau_{п1}$ и $\tau_{п2}$ неизменными.

Существенно уменьшить воздействие влияющих факторов на параметр $U_{фп}$ можно путем периодического размещения в измерительном канале ОЭП эталона (объекта с известным и неизменным параметром τ_3) вместо контролируемого объекта (рисунок 3).

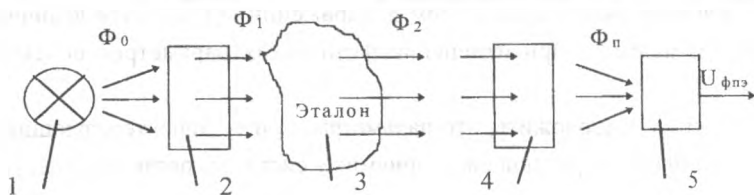


Рисунок 3 - Схема одноканального ОЭП с эталоном в измерительном канале

Выходной сигнал фотоприемника в таком ОЭП будет равен:

$$U_{\text{фпэ}} = I_{\text{п}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot \tau_1 \cdot \tau_{\text{п1}} \cdot \tau_{\text{ос}} \cdot \tau_3 \cdot \tau_2 \cdot \tau_{\text{п2}} \cdot S_{\text{фп}}, \quad (4)$$

где τ_3 - коэффициент пропускания эталона.

Сигнал $U_{\text{фпэ}}$ следует зафиксировать после преобразования его в двоичный код или частотный сигнал, например, в оперативном запоминающем устройстве. После этого то же следует проделать с контролируемым объектом и найти отношение величин $U_{\text{фп}}$ и $U_{\text{фпэ}}$:

$$\frac{U_{\text{фп}}}{U_{\text{фпэ}}} = \frac{I_{\text{п}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot \tau_1 \cdot \tau_{\text{п1}} \cdot \tau_{\text{ос}} \cdot \tau_{\text{ок}} \cdot \tau_2 \cdot \tau_{\text{п2}} \cdot S_{\text{фп}}}{I_{\text{п}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot \tau_1 \cdot \tau_{\text{п1}} \cdot \tau_{\text{ос}} \cdot \tau_3 \cdot \tau_2 \cdot \tau_{\text{п2}} \cdot S_{\text{фп}}} \quad (5)$$

Большинство влияющих факторов, воздействующих на ОЭП, являются медленно меняющимися и если в процессе измерения интервал времени между формированиями сигналов $U_{\text{фп}}$ и $U_{\text{фпэ}}$ будет незначителен, то выражение (5) можно преобразовать к виду:

$$\frac{U_{\text{фп}}}{U_{\text{фпэ}}} = \frac{\tau_{\text{ок}}}{\tau_3} = k \cdot \tau_{\text{ок}} \quad (6)$$

Величина $k = \frac{1}{\tau_3}$ - постоянная для ОЭП, определяемая только параметрами эталона.

Безразмерная величина $N = \frac{U_{\text{фп}}}{U_{\text{фпэ}}} = k \cdot \tau_{\text{ок}}$ является функцией

контролируемого параметра:

$$N = f(\tau_{\text{ок}}). \quad (7)$$

Используя соответствующие масштабные коэффициенты, можно построить требуемую градуировочную характеристику.

Полученные результаты исследования математических моделей ОЭП показывают, что при конструировании приборов оптического контроля физико-технических параметров сред предпочтение следует отдавать одноканальным ОЭП с эталоном в измерительном канале, так как они обеспечивают наибольшую точность в сочетании с простой структурой, присущей одноканальным ОЭП.