УДК 551.521.3

РЕШЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ СПЕЦИАЛЬНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ЯДРА

Цымбаревич Е.Г.
Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Беларусь

Перенос излучения в природный рассеивающих средах носит ярко выраженный стохастический характер и описывается уравнением переноса, в котором параметры таких сред представлены случайными функциями пространственных координат:

$$LI(\vec{r};\vec{\Omega})=0, \qquad (1)$$

где L – стохастический оператор, зависящий от оптических свойств рассеивающей среды, $I(\vec{r};\vec{\Omega})$ – яркость излучения в точке $\vec{r}$ пространства в направлении $\vec{\Omega}$.

Многие природные рассеивающие среды (атмосфера, океан, пористые структуры и некоторые биоткани) обладают ярко выраженной анизотропией рассеяния, для корой индикатриса сильно вытянута в направлении вперед. Перенос излучения в таких рассеивающих средах может быть описан в рамках малоуглового приближения. В стандартной постановке задачи этот метод применим для детерминированных сред, поэтому для учета их принципиально стохастических свойств используется соответствующая модификация метода. В данном докладе рассматривается итерационный алгоритм построения решения стохастического уравнения переноса (1) с привлечением идей малоуглового приближения.

Уравнение переноса (1) в рамках малоуглового метода итераций можно представить в форме

$$\left\{\frac{\partial}{\partial z}+\Phi(z;|\vec{p}|)\right\}\langle I(\vec{\omega};z;\vec{p})\rangle=\int_0^z K_n(\vec{\omega};z-z';\vec{p})\langle I(\vec{\omega};z';\vec{p})\rangle dz', \qquad (2)$$

где $\langle I(\vec{\omega};z;\vec{p})\rangle$ – Фурье-спектр средней яркости, $\vec{\omega}$, $\vec{p}$ – пространственная и угловая частоты соответственно, $K_n(\vec{\omega};z-z';\vec{p})$ – интегральное ядро, зависящее от номера приближения метода итераций n. Функция $\Phi(z;|\vec{p}|)$ зависит от усредненных оптических параметров рассеивающего слоя $\langle\varepsilon\rangle$ – коэффициента ослабления (экстинкции) и коэффициента рассеяния $\langle\sigma\rangle$ (угловые скобки – знак математического усреднения).

Уравнение (2) является интегро-дифференциальным уравнением с частными производными. Его решение относительно просто получается в области изображений с применением интегральных преобразований Лапласа по пространственной координате z – глубине рассеивающего слоя в точке наблюдения яркости. Получение фактического решения требует вычисления обратного преобразования Лапласа, что зачастую представляет отдельную математическую проблему. В данном докладе указанное решение строится с привлечением дополнительных ограничений на структуру интегрального ядра уравнения (2). В частности при относительно слабой вариации функции $\langle I(\vec{\omega};z;\vec{p})\rangle$ можно получить решение уравнения (2) в упрощенной математической форме. В докладе анализируется структура этого решения и производится оценка условий его применимости для расчета средней яркости.