

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ  
В СЛУЧАЙНО-НЕОДНОРОДНОЙ СМЕСИ

М.С.НОСКОВА

Учреждение образования  
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им.А.А. Кулешова»  
Могилев, Беларусь

В работе представлен алгоритм численного моделирования переноса излучения в стохастических неоднородных смесях с малоугловым рассеянием.

Стохастическая неоднородная смесь (СНС) — среда, состоящая в общем случае из нескольких несмешивающихся компонент, каждая из которых имеет свои оптические характеристики: индикатрису рассеяния, показатели рассеяния и ослабления. Линейные размеры участков пространства, занимаемые компонентами смеси (хорды компонент), являются случайными величинами.

Случайно-неоднородное распределение оптических параметров по объему характерно для многих природных и искусственных сред. Типичным примером двухкомпонентной СНС является разорванная облачность: пересекающий ее фотон проходит сквозь чередующиеся участки облаков (компонента 1) и межоблачного пространства (компонента 2). Внутренняя структура каждой из компонент считается однородной.

Стохастичность задачи проявляется только в статистике распределения облачного поля, т.е. в вероятности присутствия в данной точке облака или ясного неба.

В качестве других примеров СНС можно рассматривать: мелкие кровеносные сосуды и окружающую их ткань; легочную ткань, состоящую из большого количества альвеол, заполненных воздухом; защиту ядерных реакторов (бетонные конструкции с гравием); ядерные реакторы с кипящей водой (турбулентная смесь жидкости и пара), и т.д.

Применение в данной работе малоуглового приближения вызвано тем, что многие природные среды содержат в своем составе значительный процент частиц, индикатрисы рассеяния которых сильно вытянуты в направлении распространения излучения. Кроме того, именно в средах с малоугловым рассеянием влияние стохастичности на перенос излучения проявляется сильнее всего.

Если случайные значения хорд компонент СНС описываются экспоненциальным распределением (марковская статистика), некоторые передаточные характеристики среды можно получить в аналитическом виде. В общем случае (для произвольного числа компонент с произвольной стати-

стикой распределения) получить аналитическое описание переноса излучения в случайно-неоднородной среде невозможно, поэтому наиболее приемлемым способом решения подобной задачи является численное моделирование.

В данной работе представлен алгоритм имитационного моделирования переноса излучения в двухкомпонентной стохастической неоднородной смеси, разработанный на основе метода Монте-Карло. Расчеты производятся для следующих статистик распределения компонент: экспоненциального распределения, распределения Гаусса и равномерного распределения.

Значение толщины слоя, занимаемого данной компонентой, генерируется методом распределения. Порядок чередования компонент и толщина слоев, занимаемых первой и второй компонентами смеси, разыгрывался для каждого фотона отдельно, по мере его прохождения сквозь слои среды, что повышает степень усреднения результатов.

Малоугловые индикатрисы рассеяния моделируются аппроксимациями Хенри-Гринштейна.

Чтобы оценить влияние стохастичности среды на перенос излучения, в работе производится также расчет коэффициента пропускания эквивалентной однородной смеси. Эквивалентная однородная смесь — среда, в которой компоненты, составляющие СНС, перемешаны равномерно.

Данный алгоритм может быть легко адаптирован для расчета коэффициентов пропускания стохастических сред с произвольным числом компонент.

Результаты расчетов показывают, что:

– коэффициенты пропускания СНС с различными статистиками распределения значительно различаются между собой, и могут в несколько раз превосходить коэффициент пропускания эквивалентной однородной смеси;

– наибольший коэффициент пропускания имеют СНС с распределением Гаусса и однородным распределением;

– при расчетах коэффициента пропускания СНС с распределением Гаусса, для ускорения расчетов распределение Гаусса можно аппроксимировать равномерным распределением с теми же значениями средних хорд компонент и дисперсией.

Результаты исследований могут быть использованы при формулировке и решении задач дистанционного зондирования, разработке алгоритмов восстановления изображений, облучении биологических объектов оптическим излучением, оптической томографии, создании и тестировании радиационных моделей переноса излучения в атмосфере.