

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора Учайкина Владимира Васильевича на диссертацию Амбоса Андрея Юрьевича «Разработка вычислительных моделей мозаичных случайных сред с приложением в теории переноса излучения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 – «Вычислительная математика»

Актуальность темы исследования

Важнейшей чертой эволюции теоретических методов анализа естественных и технологических процессов является перенос внимания специалистов по математической физике с классических «гладких» в структурном отношении сред с высоким уровнем симметрии к средам и системам, не просто неоднородным, но по-разному неоднородным в разных масштабах. Если добавить к динамической неоднородности термодинамическую, физическую, химическую и проч. неоднородности, взаимодействие которых и формирует подчас тот фон, на котором развивается интересующий нас процесс, можно почувствовать, насколько сложными становятся реальные задачи. Их решение требует развития принципиально новых моделей сложных неоднородных систем, не сводящихся к набору простых «модельных кубиков» и не ограничиваемых условием малости флуктуаций, допускаемым применением теории возмущений.

Диссертационная работа А.Ю. Амбоса диссертация и является исследованием такого типа, представляющим новую реалистическую модель случайной среды в виде совокупности коррелированных «разорванных» неотрицательных

случайных полей. Поставленная перед диссертантом и решённая им задача актуальна как по своей постановке, так и по способу её решения. Созданная им модель войдёт в набор моделей случайных полей, необходимый для решения стохастических задач из различных областей науки методом Монте-Карло (метеорологии, теории упругости, теории переноса излучения, радиационного баланса, защиты от излучений, астрофизики и физики космических лучей). Разработанные диссертантом алгоритмы допускают эффективное распределение вычислений на многопроцессорных ЭВМ.

Обоснованность и достоверность полученных результатов

Результаты автора опираются на корректное применение аппарата теории методов Монте-Карло, математического анализа, теории вероятностей, что обеспечивает математическую строгость доказательства сформулированных утверждений. Численные эксперименты согласуются с теоретическими результатами работы и результатами других авторов, полученных при решении близких задач.

Практическая проверка использованного в расчётах приближения была осуществлена с помощью тестовых расчётов для разработанных в диссертации реалистических моделей разорванных неотрицательных случайных полей, которые получаются путём суммирования независимых реализаций базового специально сконструированного ограниченного мозаичного пуассоновского поля.

Научная новизна и значимость исследований и полученных результатов

Построены новые реалистические вычислительные модели однородных изотропных, экспоненциально коррелированных разорванных неотрицательных

случайных полей с приближённо гауссовскими одномерными распределениями путём суммирования независимых реализаций базовых специально сконструированных ограниченных мозаичных пуассоновских полей.

Доказано, что эти поля асимптотически, по числу слагаемых, слабо сходятся к случайным полям с одномерными распределениями, которые, как показали расчёты, близки к гамма-распределениям, и, соответственно, к гауссовским распределениям.

Для моделирования траекторий в рассматриваемых модельных случайных средах автором диссертации были разработаны специальные алгоритмы, основанные на “методе максимального сечения” и “методе минимального пробега”. При этом были эффективно использованы средства алгоритмического языка “С++”, которые позволяют избежать ошибки, которая возникает в случае упрощающего алгоритм переыбора значения поля при возвращении частицы в пройденную ранее ячейку базового случайного разбиения.

Установлено, что средняя вероятность прохождения через стохастическую среду может существенно превышать соответствующую вероятность для детерминированной среды со средней плотностью. Учёт этого факта в массовых численных радиационных исследованиях позволит существенно уменьшить временные затраты, используя эффективное осреднение уравнения переноса; соответствующая оригинальная методика разработана в диссертации.

Методом “двойной рандомизации” в диссертации оценены дисперсии флуктуаций, связанных с реализациями среды. Показано, что такие дисперсии, существенно различны для случаев локализованного и распределённого источников. В связи с этим на основе численного исследования показаний протяжённого нормированного детектора частиц в диссертации показано, что

для изучаемых моделей случайных полей выполняется соответствующая эргодическая гипотеза, то есть показание детектора асимптотически, по площади детектора, совпадает с осреднённой вероятностью прохождения. Проведено исследование поля проходящей радиации: построена оценка параметра экспоненциальной, асимптотической (по площади протяжённого нормированного детектора) формулы для соответствующей корреляционной функции; построены статистические оценки коэффициентов экспоненциальной (асимптотической по толщине слоя) формулы для осреднённой вероятности прохождения частицы.

В диссертации с использованием оценки “функции пропускания”, а также на основе связи между однородным экспоненциальным распределением длины пробега кванта и соответствующим пуассоновским точечным процессом пересечений в мозаичном пуассоновском поле, эффективно осредняется радиационная модель. Особо следует отметить оригинальные формулы для коэффициента рассеяния, который, как оказалось, существенно влияет на вероятность прохождения.

Выполненные диссертантом аналитические и численные исследования позволили существенно обобщить предложенную его руководителем методику осреднения радиационной модели для простейшего варианта задачи, в котором рассматривалось кусочно-постоянное мозаичное поле Пуассона с бернуллиевским одномерным распределением. Предложенная методика эффективно обобщается на произвольные изотропные поля путём эвристической замены среднего расстояния между пересечениями на корреляционную длину. Важно отметить, что такое осреднение рассматриваемых моделей нельзя получить с помощью теории малых возмущений, так как ни в равномерной, ни в интегральной метрике переход от константы к существенно меняющейся кусочно-постоянной функции не даёт

малой вариации. Это касается и теоремы из пункта 2.5 о предельных значениях функционалов от потока частиц для мозаичных случайных сред, утверждающей, что для среды с малой корреляционной длиной вероятность прохождения близка к соответствующему значению для детерминированного слоя с осреднённой плотностью.

Замечания

- 1) Не представлено никаких результатов для чисто рассеивающей среды. Является ли в этом случае эффективной осреднённая модель?
- 2) Во Введении речь шла о трудоёмкости и эффективности, однако в гл. 3. диссертации («Вычислительные эксперименты») обстоятельного анализа этих свойств (не считая совсем краткой таблицы 10) я не увидел. Удивляет и скупость использованных в разделе 3.5 (с обещающим заголовком «Сравнительные численно-статистические исследования...») математико-статистических средств: ни доверительных интервалов, ни хи-квадрата и проверки гипотез, ни даже какой-нибудь статпогрешности при сравнении двух корреляционных функций (Рис. 3.2, стр 74).
- 3) В п.2 Заключения, при перечислении основных результатов («Разработаны новые геометрические алгоритмы... Получены формулы... » и т.д.), диссертант избегает качественной характеристики их уровня, не указывает, по каким параметрам или свойствам они превосходят существующие аналоги. То же касается и фраз «Изучена вероятность..., Изучены зависимости...», изучены-то изучены, но что нового обнаружено при этом, автор здесь умалчивает, читателю необходимо обращаться в соответствующий раздел текста диссертации.
- 4) В тексте встречаются опечатки и неясности. В формуле для параметров α и q (с.36) исчезли нижние индексы “с” у среднего “ m_c ” и дисперсии “ d_c ”. На стр. 4 второй абзац начинается с фразы: «Сравнительная эффективность таких алгоритмов возрастает, если ...» Не ясно: всех алгоритмов? И по сравнению с

чем? Или, что же тогда такое «сравнительная эффективность?» Надписи в поле рисунка 3.2 почему-то на английском языке. На с.35 читаем: «На рис 1.2 представлены гистограммы...», но на самом рисунке гистограмм не видно.

Указанные недостатки, однако, не снижают ценности работы, её основные результаты являются новыми и представляют определённый научный и практический интерес.

Заключение

Диссертационная работа А.Ю. Амбоса «Разработка вычислительных моделей мозаичных случайных сред с приложением в теории переноса излучения» соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, а её автор, Андрей Юрьевич Амбос, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 – «Вычислительная математика»

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, специальность ВАК 01.04.12 — Геофизика и 01.04.16 — Физика ядра и элементарных частиц, профессор по кафедре общей и теоретической физики, заведующий кафедрой теоретической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный университет», www.ulsu.ru



Учайкин Владимир Васильевич

Адрес: 432017, Российская Федерация, город Ульяновск, улица Льва Толстого, дом 42.

Телефон/Факс: 8 (8422) 37-24-62

E-mail: vuchaikin@gmail.com



08.09.2016 г.