

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Чукбара Константина Владимировича на диссертационную работу Матвеева Александра Леонидовича «Перенос примеси в средах с крупномасштабными неоднородностями и сорбирующими включениями», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» в диссертационный совет Д 002.070.01

Диссертация А.Л. Матвеева посвящена теоретическому изучению стохастического транспорта примеси (или тепла) в существенно неоднородной среде, причём характер этих неоднородностей предполагается различным. Они могут приводить как просто к флуктуациям в коэффициентах переноса, так и к включению в процесс дополнительных существенных физических явлений типа сорбции/десорбции. Основной упор делается на базовое в теплофизике уравнение диффузии. Важным моментом является вычленение асимптотического поведения концентрации примеси, особенно интересного в практических задачах.

В первой главе автор изучает диффузию в среде, состоящей из изотропных «кусков» с различными коэффициентами диффузии, переходящими один в другой плавно или скачком. На основе красивой аналогии с эйкональным приближением в оптике найдены асимптотические выражения для концентрации $c(x, t)$ как в общем виде, так и для некоторых модельных зависимостей диффузионного коэффициента $D(x)$. Вообще говоря, численные расчёты таких процессов достаточно развиты, но в диссертации показано, как аналитические формулы могут существенно упростить и ускорить эти расчёты.

Вторая глава посвящена уже анизотропным средам, в которых подвергается крупномасштабным флуктуациям уже не скалярный коэффициент, а тензор диффузии $D_{ij}(\vec{r})$. Оказывается, что аналогия с оптикой эффективна и для этого круга задач. Снова стоит отметить, что Матвеев не ограничивается выписыванием аналитических формул, а доходит до их явного «встраивания» в численные схемы.

В третьей главе изучаются среды, состоящие из двух компонентов с многократно различными коэффициентами диффузии. Компонент с высоким D образует в пространстве некоторую «сеть», которая, однако, занимает лишь малую долю объёма, так что при распространении примеси вдоль неё последняя неизбежно утекает в область с крайне низким значением d . В результате асимптотические транспортные скейлинги носят уже субдиффузионный характер. Этот важный для многочисленных практических приложений вариант неоднородных диффузионных задач был введён в теорфизический

оборот А.М.Дыхне. Данная диссертация развивает и продолжает его подходы и методы. Вообще, в самих постановках задач, в выборе математических инструментов для их решения, в проводимых аналогиях диссертационной работы ясно и чётко виден дух научной школы Александра Михайловича. Это очень приятно замечать, и такое обстоятельство является дополнительной «изюминкой» исследования. В принципе, «среды Дыхне» являются частным случаем разобранных ранее макроскопически неоднородных сред, но со своей спецификой (вследствие наличия малого параметра d/D) и своими проблемами аналитического описания, с которыми Матвеев успешно справляется.

И, наконец, в четвёртой главе изучаются процессы транспорта с учётом не только диффузии, но и адвекции примеси в среде с возможностью сорбирования этой примеси на отдельных зёрнах. Здесь также получает дальнейшее развитие модель, разработанная в многочисленных работах данной школы. Характернейшим свойством решаемых задач является наличие нескольких асимптотических режимов переноса, последовательно сменяющих друг друга. Все они важны для полномасштабных практических задач, в решении которых полученные в диссертации результаты будут важным подспорьем.

Работа не лишена и некоторых недостатков. К основному я бы отнёс излишне подробное оперирование с выкладками. Мне, например, осталась совершенно непонятной необходимость включения в диссертацию нескольких приложений, в которых в основном приводятся общеизвестные формулы, например, функции Грина уравнения диффузии в одно-, двух- и трёхмерных случаях. Я понимаю, что для самоконтроля нужно проверять, что используемые формулы переходят друг в друга в необходимых пределах, но зачем убеждать читателя в том, что скалярная диффузия и как бы анизотропный вариант с $D_{ik} = D\delta_{ik}$ – это одно и то же? Возможно, также, в обзоре области стоило сослаться на две обзорные книги Oleg G. Bakunin. *Turbulence and diffusion. Scaling versus equation*, Springer, 2008 и Oleg G. Bakunin. *Chaotic flows. Correlation effects, transport and structures*, Springer, 2011, посвящённые, правда, в основном более формальным теориям, но весьма информативные.

Это, безусловно, не снижает общего положительного впечатления о диссертации, вносящей хороший вклад в такое важное и перспективное направление как случайные переносы в неоднородных средах.

Результаты проведённых исследований прекрасно опубликованы в ведущих научных журналах, как специфических для данной области, так и общефизических. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

