

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Ярцевой Елены Павловны «Разработка и численные исследования рекурсивно-итерационных методов и алгоритмов в задаче моделирования переноса примесей в атмосфере», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико – математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Актуальность темы диссертационного исследования. Диссертация посвящена разработке методов численно-аналитического моделирования переноса аэрозольных субстанций с учетом турбулентной диффузии, позволяющих выполнять расчеты значений концентрации загрязняющих примесей в турбулентной атмосфере в пределах её приземного слоя. Полученную таким образом информацию о поле концентрации загрязняющих примесей, можно далее использовать в других вычислительных моделях, базирующихся на конечно-разностных (конечно-элементных) аппроксимациях уравнений транспорта загрязняющих веществ-уравнениях диффузии – конвекции и уравнениях аэродинамики приземного слоя атмосферы – уравнениях Навье Стокса в качестве начальных условий. Известно, что получение аналитических решений данного класса задач возможно лишь при «сильных» упрощающих предположениях, связанных с постоянством вектора скорости воздушной среды, коэффициентов турбулентного обмена, и простой формы области (как правило, являющейся параллелепипедом). Для реальных постановок задач такие упрощающие предположения является невыполнимыми, особенно в случае требования реальной прогностической ценности получаемых результатов математического моделирования. Учет изменчивости состояния воздушной среды не только с точки зрения изменения ее термодинамических параметров, но и значений коэффициентов турбулентного обмена и распределения трехмерного вектора скорости воздушного потока является проблемой, далекой от окончательного решения. С этих позиций диссертационная работа Е.П. Ярцевой, в которой рассматриваются численно-аналитические подходы, позволяющие получить алгоритмы решения данного класса задач с учетом пространственно-временной изменчивости распределения вектора скоростей воздушной среды и концентрации загрязняющих аэрозолей, представляется актуальной. Кроме того, создание подобных моделей выполняется так, чтобы обеспечить их способность эффективно работать в условиях неопределенности или дефицита исходных данных и возможность воспринимать эксперименталь-

ные данные. Известно, что проблема обеспечения исходными данными вычислительных моделей является актуальной и современной теорией и практике математического моделирования природных систем и процессов. Построение систем моделирования и создание информационно-вычислительных технологий для решения задач мониторинга и прогноза экологического состояния приземного слоя атмосферы является актуальной проблемой в науке об окружающей среде. На основе методов и моделей, разрабатываемых в диссертации, предложена структура информационно-вычислительного обеспечения для задач, связанных с прогнозом распределения загрязняющих примесей в атмосфере. Все это также определяет актуальность научного направления и темы данного диссертационного исследования.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования определяется, в первую очередь, использованием хорошо известных моделей диффузии-конвекции и физики приземного слоя атмосферы, на которых базируется моделирование процессов переноса аэрозолей в атмосфере. При построении вычислительных алгоритмов использовались некоторые хорошо известные численные методы и эффективные алгоритмы, такие как прогонка в комбинации с методом расщепления по пространственным переменным. Кроме того, достоверность полученных результатов подтверждается численными экспериментами на ряде модельных задач и сравнением результатов численного моделирования с известными физическими решениями.

Научная новизна результатов, полученных в диссертации. Во второй главе работы для одномерного уравнения переноса выполняется построение двух численно-аналитических методов, предложенных в диссертации, названных автором качественными расчетно - аналитическими моделями. Это, в свою очередь, при упрощающих предположениях, позволяет осуществлять оценку параметров модели, описывающих турбулентный обмен. Разработаны соответствующие итерационные и рекурсивные вычислительные алгоритмы; выполненный анализ результатов численных исследований свидетельствует об удовлетворительной работе предложенных качественных моделей. Этот результат является, несомненно, новым.

В третьей главе диссертации рассматривается трехмерное уравнение диффузного переноса загрязняющих примесей в атмосфере с заданными начальными ус-

ловиями распределения концентрации загрязняющих веществ. Особенность данной постановки задачи состоит в том, что все поля, входящие в уравнение, характеризуются пространственно – временной изменчивостью. В частности, это касается коэффициентов турбулентной диффузии – распределения, характеризующего турбулентное состояние приземного слоя атмосферы в пространстве и во времени. Построение соответствующей вычислительной модели на первом этапе осуществляется при использовании численного метода покоординатного расщепления. В итоге формируется схема расщепления по координатным направлениям, состоящая из трех взаимосвязанных подзадач. Характерная особенность построенной схемы расщепления состоит в том, что трехмерное уравнение переноса рассматривается совместно с уравнением сохранения массы (неразрывности). Для последующего применения вычислительной модели к решению реальных прикладных задач, в состав модели включаются процедуры предварительного анализа и подготовки исходных данных, полученных в эксперименте, и измеренных, как правило, с погрешностями. Подобные процедуры реализуются в рамках метода параметризации, что позволяет осуществить надежную параметризацию вычислительной модели для пространственно-трехмерного транспорта загрязняющих примесей.

Интересной также представляется алгоритмизация построенной выше вычислительной схемы для трехмерного параметризованного уравнения переноса загрязняющих примесей, базирующаяся на итерационных и рекурсивных алгоритмах решения одномерных задач. Проведен вычислительный эксперимент по исследованию влияния различных значений скорости ветра, турбулентности и других характеристик состояния атмосферы на пространственно – временное распределение поля концентрации загрязняющих примесей. Полученные результаты расчетов согласуются с данными натурных экспериментов.

В завершающей части работы предложена концепция информационно – вычислительного обеспечения задач экологического прогноза состояния воздушной среды. На ее основе разработана программно – алгоритмическая система компьютерного моделирования процессов переноса, представляющая собой совокупность взаимосвязанных алгоритмов, построенных в предыдущих главах диссертации. Данная система может рассматриваться как подсистема в составе «автоматизированное место специалиста – эколога».

Теоретическая и практическая значимость. Значимость полученных результатов для науки состоит в разработке принципов построения параметризованной вычислительной модели для линейного многомерного уравнения диффузного переноса загрязняющих примесей в приземном слое атмосферы, а также дискретно— аналитические модели и итерационно – рекурсивные алгоритмы численной реализации. Практическая значимость диссертации определяется возможностью использования полученных результатов, в том числе программного комплекса, в практической деятельности природоохранных структур, связанных с контролем состояния качества воздушной среды, а также в учебном процессе при изучении методов математического моделирования природных и техногенных систем.

Замечания по диссертационной работе:

1. Для решения задач приземной аэродинамики уже многие годы используются дискретные модели, базирующиеся на неявных схемах расщепления, являющихся абсолютно устойчивыми и экономичными, т.е. требующими числа операций, пропорционального числу узлов сетки(неизвестных), используемых в дискретных моделях. Предложенные в диссертационной работе численно-аналитические схемы в соответствии с проведенным исследованием устойчивости и сходимости имеют ограничения на шаги по времени, характерные для явных схем. С учетом сказанного возникает вопрос – являются ли предложенные модели и методы их численной реализации экономичными и каковы временные затраты на их численную реализацию в сравнении с неявными схемами по координатного расщепления?

2. Предлагаемые способы параметризации турбулентного обмена следовало бы сравнить с используемыми в вычислительной практике решения данных задач другими методами, в частности, так называемыми подсеточными моделями турбулентного обмена.

3. В тексте диссертации используются нестандартные обозначения при построении дискретных моделей – обозначения шагов сеток, отсутствует явное описание сеток и задание граничных условий в постановках для дискретных моделей, что с одной стороны затрудняет восприятие материала, а с другой – приводит к неполноте описания дискретных моделей.

Приведенные замечания не снижают существенным образом положительную оценку диссертационной работы.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертация представляет собой законченное научное исследование, обладает четкой структурой и логикой построения, основные результаты диссертации полно отражены в публикациях, в том числе, в изданиях из Перечня ВАК. Диссертация оформлена надлежащим образом. Каждая глава сопровождается введением и заключением (выводами). Тема и содержание диссертационного исследования соответствует специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и отрасли науки – физико-математические науки.

В связи со сказанным выше, считаю, что диссертация и автореферат Ярцевой Е.П. в полной мере соответствуют требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Ярцева Елена Павловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,

доктор физико-математических наук, профессор, и.о. декана факультета физики, математики, информатики, профессор кафедры математики Таганрогского института им. А.П. Чехова (филиала) ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»

А.И. Сухинов

Сухинов Александр Иванович
Телефон:(8634) 60-52-37,
E-mail:sukhinov@gmail.com
347936, Ростовская область,
г. Таганрог, ул. Инициативная, 48

