

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Федерального государственного
бюджетного научного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
«Красноярский научный центр Сибирского
отделения Российской академии наук»



Д.С.Х.Н.

/ А.А. Шпедт

« 29 » ноября 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

на диссертационную работу Алексеева Валентина Николаевича
«Многомасштабные методы для задач течения и переноса в неоднородных средах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.2.2. – Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ

Актуальность. Диссертация посвящена разработке алгоритмов и вычислительной реализации многомасштабных методов для решения задач течения и переноса в неоднородных, перфорированных и тонких областях. Многие прикладные задачи, такие как течение жидкости на уровне пор, течение жидкости и перенос в тонких трубчатых структурах (например, для моделирования кровотока в сосудах), часто рассматриваются при сложных процессах взаимодействия с окружающими средами или стенками. Рассмотренные процессы в перфорированных, тонких или неоднородных областях обладают многомасштабными свойствами. Прямая аппроксимация таких задач приводит к численному решению больших дискретных систем, что является вычислительно трудоемким, даже с использованием суперкомпьютеров. Развиваемые в диссертации многомасштабные методы позволяют значительно снизить размерность дискретных систем, используя построение специальных многомасштабных базисных функций, учитывающих локальные неоднородности в микромасштабе. В связи с этим тема представленной диссертационной работы является актуальной.

Научная новизна работы состоит в разработке эффективных вычислительных алгоритмов многомасштабных методов для решения задач течения и переноса в перфорированных, тонких и неоднородных областях. Полученные в диссертационной работе результаты являются новыми, а проведенные численные расчеты имеют большое практическое значение при моделировании процессов течения и переноса в неоднородных средах.

Содержание работы. Диссертационная работа объемом 164 страницы включает введение, пять глав, заключение, список литературы и два приложения. Иллюстрации представлены 28 таблицами и 59 рисунками.

Во **введении** обоснована актуальность работы; сформулированы цели и задачи исследования; представлена научная новизна и практическая значимость работы; изложены основные положения, выносимые на защиту; приведена обоснованность и достоверность результатов; выделены сведения об апробации работы и об основных публикациях автора по теме диссертации. В конце введения дается краткое изложение содержания пяти основных глав.

В **первой главе** рассматриваются два многомасштабных метода: обобщенный многомасштабный разрывный метод Галеркина и смешанный обобщенный многомасштабный метод. Задача переноса описывается уравнением конвекции-диффузии. Задача течения для смешанного многомасштабного метода описывается законом Дарси и законом сохранения массы, а для обобщенного многомасштабного разрывного метода Галеркина описывается уравнениями Стокса.

Вторая глава представляет обобщенный многомасштабный разрывный метод Галеркина для решения задач в перфорированных областях с неоднородными граничными условиями на перфорациях. В качестве математической модели рассматриваются эллиптическое и параболическое уравнения, уравнение конвекции-диффузии, упругости и термоупругости. Автор демонстрирует, что для получения хороших результатов можно построить дополнительные многомасштабные базисные функции на границе перфорации для неоднородных граничных условий. Численные результаты представлены для структурированных, квазиструктурированных и неструктурированных грубых сеток.

Третья глава посвящена разработке многомасштабного метода для задач течения и переноса в тонких областях. В ней исследованы два типа многомасштабных пространств для скорости и концентрации. Численное исследование проведено для трех тестовых геометрий с разными граничными условиями и коэффициентами диффузии.

В **четвертой и пятой главе** разработанные многомасштабные методы применены для следующих задач: задача упрощенной магнитной гидродинамики в перфорированных областях (**четвертая глава**) и задача тепломассопереноса с моделью Бринкмана в неоднородных областях (**пятая глава**). Исследование работоспособности представленных методов проведено для двумерных модельных задач. Кроме того, исследовано влияние количества используемых многомасштабных базисных функций.

Достоверность и степень обоснованности обеспечивается использованием корректно построенных математических моделей и достигается за счет тестирования разработанных многомасштабных методов на ряде тестовых задач, которые приближены к реальным; а также хорошим совпадением результатов построенных методов с результатами, полученными применением методов конечных элементов на эталонной сетке.

По материалам диссертации опубликовано 16 статей в рецензируемых изданиях, включенных в базы данных Web of Science, Scopus и ВАК, в том числе получены два свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты диссертации могут быть применены в организациях, занимающихся решением задач в неоднородных, перфорированных и трещиноватых средах.

Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе.

1. «Многомасштабный метод разрывного Галеркина» правильнее было бы называть «многомасштабным разрывным методом Галеркина».
2. В диссертационной работе представлены численные результаты только для модельных задач. Было бы интересно рассмотреть решение реальной задачи.
3. В диссертации встречаются орфографические ошибки: «рассмотривается» на стр. 25 и 161, «фукнций» на стр. 76.

Считаем, что отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы.

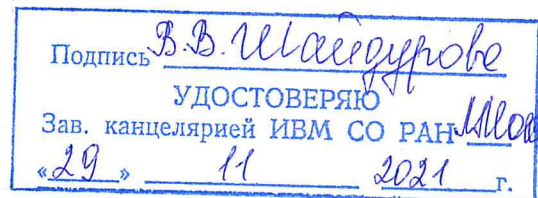
Заключение. Считаем, что диссертационная работа Алексева Валентина Николаевича является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией при Минобрнауки России к кандидатским диссертациям, удовлетворяет критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Автор диссертации, Алексей Валентин Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании семинара Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН «Проблемы математического и численного моделирования» 7 октября 2021 г., протокол № 12/2021.

Руководитель научного направления «математическое моделирование»
ФИЦ КНЦ СО РАН доктор физико-математических наук, профессор,
член-корреспондент РАН



Владимир Викторович Шайдуров



Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН);
адрес: 660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50;
тел.: +7 (391) 290-79-88; e-mail: fic@ksc.krasn.ru; <https://ksc.krasn.ru/>.