

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Руфины Максимовны Третьяковой «Моделирование фильтрации вязкой жидкости методом граничных интегральных уравнений» представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертация Р.М. Третьяковой посвящена разработке математической модели трехмерного течения вязкой жидкости через ограниченные в пространстве пористые среды, содержащие во внутренней области структуры, в которых может иметь место обмен жидкостью с внешней средой. Примером такого объекта является течение лимфы через лимфатический узел, в котором имеет место сопряжение с кровеносной системой, что влияет на баланс протекающей жидкости в зависимости от физических и физиологических параметров. В ходе работы над диссертацией, Р.М. Третьяковой удалось выйти на более универсальную постановку задачи фильтрации вязкой жидкости. Для построения соответствующей модели использовалась исходная система дифференциальных уравнений закона Дарси и Старлинга.

В диссертации впервые была предложена эквивалентная формулировка в трехмерной пространственной постановке закона Дарси и Старлинга с соответствующими краевыми условиями в виде системы интегральных граничных уравнений с представлением через их решение полей скорости и давления жидкости в ограниченной области. Был разработан эффективный алгоритм численного решения соответствующей системы интегральных уравнений для расчетных областей, представляющих собой два вложенных объекта с различной гидравлической проводимостью, с конечным набором входных и выходных отверстий и некоторой эффективной плотностью поверхности структур во внутреннем объекте, через которые может происходить обмен жидкостью с внешней средой. С помощью разработанной модели и вычислительной технологии на основе метода кусочно-постоянной аппроксимации неизвестных функций и метода коллокаций, были успешно решены несколько содержательных задач моделирования течения лимфы в лимфатическом узле с физиологически корректными параметрами геометрии, давления, объемного лимфотока и площади поверхности кровеносных капилляров. При этом, была также решена задача оценивания методом максимального правдоподобия физических параметров модели по имеющимся экспериментальным данным. В целом, была разработана эффективная и независимая вычислительная технология моделирования течения и фильтрации жидкости областях с компактной границей, и, в том числе, со сложной внутренней геометрией (например, заполненной популяция клеток), в том случае, когда её можно аппроксимировать как пористую среду. Разработанная модель и комплекс программ могут быть использована в задачах моделирования течения лимфы в лимфатической системе, сопряжения с кровеносной системой, а также, при построении аппроксимирующих моделей дренажной функции лимфатического узла на основе нейронных сетей.

Основные результаты диссертации являются новыми. Результаты диссертации неоднократно докладывались на российских и международных конференциях, опубликованы в виде 5 статей в рецензируемых научных изданиях, определенных в п. 2.3 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова.

За время работы Р.М. Третьякова проявила умение самостоятельно разбираться в математических постановках физических и биологических задач, строгом обосновании их разрешимости и разработкой методов их численного решения с последующей верификацией. Ею были тщательно изучены эффективные вычислительные технологии математического моделирования потенциального течения через пористые среды и практически реализованы методы граничных интегральных уравнений, а также методы параметрической идентификации моделей.

Считаю, что диссертация Р.М. Третьяковой «Моделирование фильтрации вязкой жидкости методом граничных интегральных уравнений» является актуальным исследованием, выполненным на высоком научном уровне, носит законченный характер, удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, выдвигаемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Рекомендую присвоить автору искомую степень.

Научный руководитель

доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник

Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук

Г.А. Бочаров
10.12.2021 г.

Адрес: 119333 Москва, ул. Губкина, дом 8
Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука
Российской академии наук
Тел.: 8(495)9388120+3766
e-mail: g.bocharov@inm.ras.ru

Подпись сотрудника ИВМ РАН д.ф.-м.н. Бочарова Г.А. удостоверяю:
Ученый секретарь ИВМ РАН,
профессор, доктор физико-математических наук

В.П. Шутяев



13 декабря 2021 г.

