

Отзыв научного руководителя

о диссертанте Богданове Илье Олеговиче и его диссертации на тему «Двухмасштабное моделирование пространственных течений жидкостей и газов в пористых композитных структурах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Богданов Илья Олегович является выпускником кафедры «Вычислительная математика и математическая физика» (ФН-11) ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), которую он окончил в 2015 году по специальности «Прикладная математика» с отличием. Затем Богданов И.О. продолжил свое обучение в очной аспирантуре на кафедре «Вычислительная математика и математическая физика» (ФН-11) МГТУ им. Н.Э. Баумана. В ходе работы над диссертацией Богданов И.О. продемонстрировал глубокие знания в области механики жидкости и газа, а также отличное владение математическим аппаратом и вычислительной техникой.

Актуальность темы диссертации Богданова И.О. Пористые среды широко применяются в технике, при создании различных фильтров, очистных сооружений и других систем. Важную роль процессы фильтрации жидкостей и газов играют при производстве современных композиционных материалов и конструкций методом инфузии (пропитки жидким связующим сухого армирующего каркаса) или RTM-методами (пропитки жидким связующим под давлением). Качество композитных конструкций, полученных с помощью RTM-методов, в значительной степени зависит от параметров технологии изготовления. В этой связи чрезвычайно важной является задача адекватного моделирования течения жидкого связующего в пористых композитных структурах, имеющих сложную пространственную геометрическую форму, одновременно с движением газа (воздуха), вытесняемого жидкостью.

В подавляющем большинстве работ исследование процессов течения жидкостей в пористых структурах изучается в рамках феноменологической

теории фильтрации, в основе которой лежит закон Дарси. При этом коэффициенты проницаемости пористой среды, определяются либо экспериментально, либо с помощью различных эмпирических и приближенных соотношений для описания локальных процессов фильтрации. В этом случае получаются довольно грубые оценки реальных процессов, происходящих внутри пор со сложной геометрией, что приводит к большим отклонениям при определении проницаемости. В связи с этим важной частью исследования фильтрации является анализ локальных процессов пространственного течения жидкости в отдельно взятой поре с помощью решения уравнений Навье-Стокса и вывод осредненных уравнений фильтрации «из первых принципов», а не на основе феноменологических теорий. Метод асимптотического осреднения, рассмотренный в диссертации, позволяет получать математически обоснованные осредненные уравнения для гомогенизированных сред на основе асимптотического анализа точных исходных уравнений механики сплошных сред («из первых принципов»).

Задачи течения жидкостей, вытесняющих газовые фазы в пористых структурах, с использованием метода асимптотического осреднения ранее не рассматривались. Разработанные математические модели и решенные в диссертационной работе задачи являются оригинальными и имеют научную новизну и большую значимость для современной науки и техники.

Новые результаты, полученные в диссертационной работе:

- Разработана физико-математическая модель слабосжимаемой жидкости и двухмасштабная модель пространственного течения слабосжимаемой жидкости, вытесняющей газовую среду в пористой композитной структуре.
- Разработаны алгоритмы численного решения локальных задач пространственного течения жидкости и газа на ячейках периодичности композитных структур и алгоритм расчета тензора проницаемости.
- Разработан численный алгоритм решения глобальной задачи течения жидкости, вытесняющей газ из пористой композитной структуры.

- Получены результаты численного моделирования локальных пространственных течений жидкости и газа на ячейке периодичности типовых композитных структур, показавшие эффективность предложенного алгоритма решения локальных задач и вычисления тензора проницаемости пористых композитных структур.

- Получены результаты численного моделирования макроскопического течения жидкого связующего, вытесняющего газовую среду в типовой пористой композитной структуре, показавшие эффективность предложенного алгоритма решения задач для рассмотренной модели слабосжимаемой жидкости.

Практическая ценность состоит в том, что разработан программный комплекс для численного моделирования двухмасштабных процессов течения жидкостей и газов в пористых композитных структурах, реализующий разработанные физико-математические модели и алгоритмы численного решения локальных и макроскопических задач. Численно получены результаты расчета тензора проницаемости типовых композитных структур.

Достоверность научных результатов гарантируется использованием теоретически обоснованного математического аппарата и фундаментальных законов механики сплошной среды, а также сравнением полученных результатов с известными аналитическими решениями.


Основные результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в двенадцати научных работах, в том числе в пяти статьях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ.

Диссертация Богданова И.О. является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработана методика двухмасштабного моделирования пространственных течений газов и слабосжимаемых жидкостей в пористых композитных периодических структурах. Данная теория основана на исследовании локальных процессов

пространственного течения сред в отдельно взятой поре с помощью асимптотического анализа уравнений Навье-Стокса с последующим выводом осредненных уравнений фильтрации без использования каких-либо феноменологических подходов. Таким образом, диссертационная работа Богданова И.О. соответствует критериям, установленным Положением ВАК о порядке присуждения ученых степеней и званий.

Богданов И.О. является квалифицированным специалистом в области механики жидкости и газа и заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Научный руководитель:
заведующий кафедрой «Вычислительная математика и
математическая физика» (ФН-11)
ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана,
доктор физико-математических наук, профессор


Ю.И. Дмитриенко
17.05.2018

Подпись Ю.И. Дмитриенко заверяю




ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ
НАЗАРОВА О.В.
ТЕЛ. 8-499-263-60-48

Почтовый адрес: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел.: 8 (499) 263-60-18
E-mail: dimit.bmstu@gmail.com