

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Ануприенко Дениса Валерьевича «Эффективные методы решения задач фильтрации и пороупругости на неструктурированных сетках»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертационная работа Д.В.Ануприенко посвящена решению ряда сложных нелинейных задач, возникающих при моделировании тепло-гидро-механико-химических процессов в пористых средах. В частности, рассматриваются модели фильтрации в ненасыщенных условиях и пороупругости, т.е. фильтрации, сопряженной с изменением напряженно-деформированного состояния среды. Актуальность темы диссертации объясняется высокой востребованностью таких моделей при оценке безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов и общепризнанным отсутствием универсальных робастных нелинейных решателей для подобных задач.

В работе предложено использование метода продолжения по параметру для решения систем нелинейных уравнений при моделировании стационарного процесса фильтрации в ненасыщенных условиях. Метод представлен в виде схемы типа предиктор–корректор. Исследованы различные предикторы (нулевого и первого порядка) и корректоры (методы Ньютона, простой итерации и их комбинация) с точки зрения эффективности решения задач. Автор продемонстрировал преимущества метода продолжения на ряде модельных и реальных задач. Отмечу, что данный метод был внедрен Д.В.Ануприенко в расчетный код GeRa, аттестованный для использования при обосновании безопасности объектов использования атомной энергии, что позволило сократить время решения многих практических задач на порядки.

В диссертации также разработана новая дискретизация задач пороупругости, в т.ч., для случая переменной насыщенности. Реализована схема с использованием комбинации O-схемы метода конечных объемов для подзадачи фильтрации и метода виртуальных элементов для подзадачи упругости. Исследована эффективность двух решателей соответствующих нелинейных задач: метода итерационного расщепления и «монолитного» метода. Разработанная модель пороупругости в дальнейшем должна стать основой более сложных моделей, которые будут использованы, к примеру, для анализа набухания бентонитовых барьеров, обладающих вязкопластическими свойствами.

Все разработки выполнены в трехмерной постановке для неструктурированных сеток, состоящих из многогранников. Модели параллелизованы, продемонстрирована эффективность параллелизации при расчетах на кластере. Всё вышеперечисленное является полностью заслугой соискателя.

Мое сотрудничество с Д.В.Ануприенко началось в период его обучения на факультете ВМиК МГУ им. М.В.Ломоносова. За годы совместной научной работы Д.В.Ануприенко освоил множество моделей фильтрации и переноса, методов дискретизации, внес большой вклад в развитие программного комплекса GeRa. Он показал себя очень самостоятельным и талантливым исследователем, способным разобраться в задачах, требующих высокой квалификации как в математическом моделировании и численных методах, так и программировании. В аспирантуре Д.В.Ануприенко успешно самостоятельно писал статьи в

высокорейтинговые журналы. Автор диссертации успешно совмещал учебу в аспирантуре и подготовку диссертации с работой в лаборатории Геомиграционного моделирования ИБРАЭ РАН, где получил опыт практического применения гидрогеологического моделирования и показал хорошие способности к работе в коллективе. С помощью разработанных Д.В.Ануприенко методов были успешно созданы модели пункта захоронения жидких радиоактивных отходов «Северный» на площадке ФГУП «Горно-химический комбинат», площадки АО «Сибирский химический комбинат» и многих других предприятий атомной отрасли.

Считаю, что диссертационная работа Ануприенко Дениса Валерьевича «Эффективные методы решения задач фильтрации и пороупругости на неструктурированных сетках» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Научный руководитель,
старший научный сотрудник ИВМ РАН,
кандидат физико-математических наук

И.В.Капырин

Подпись И.В.Капырина удостоверяю
Ученый секретарь ИВМ РАН,
доктор физико-математических наук
13 марта 2023 года



В.П.Шутяев