

ОТЗЫВ

официального оппонента Галкина Валерия Алексеевича
о диссертационной работе Евсеева Федора Александровича
«Разрешимость начально-краевых задач для квазигидродинамической системы уравнений в
нелинейном и линеаризованном случае»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.1.2 – «Дифференциальные уравнения и математическая физика»

Актуальность работы. Диссертационная работа Евсеева Федора Александровича посвящена исследованию вопросов разрешимости краевых задач для широкого класса квазигидродинамических уравнений КГид, являющихся возмущением классической системы Навье-Стокса. Этот класс возмущений, исследованный коллективом авторов из ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, позволяет разрабатывать обоснованные устойчивые численные алгоритмы, в том числе для решения задач диффузии и фильтрации, микро- и гидродинамики. Системы КГид относятся к классу эллиптико-параболических систем смешанного типа, стационарная часть которых не является равномерно эллиптической, что создает трудности при получении априорных оценок и доказательстве теорем существования. Несмотря на широкое использование этих моделей в вычислительной практике (например, при решении задач моделирования в пористых средах в рамках технологии «цифровой керн», моделирования процессов диффузии), теоретические вопросы (вопросы разрешимости, единственности, корректности решения краевых задач) изучены недостаточно, а их исследование требует новых подходов, что делает диссертацию важным вкладом в теорию дифференциальных уравнений с частными производными. Поэтому тематика работы представляется актуальной.

Анализ содержания диссертации. Работа изложена на 142 страницах и состоит из введения, двух глав, заключения, приложения и списка литературы, содержащего 137 наименований.

Во введении приведена постановка задачи, обоснована актуальность темы данной диссертационной работы, сформулированы цели и задачи работы, научная новизна, описана теоретическая и практическая значимость исследования, описаны методы исследования и проведен анализ существующих работ других авторов по указанной тематике. Также в данной части работы сформулированы положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов диссертационной работы.

В первой главе, состоящей из 4 параграфов, рассматриваются вопросы обобщенной разрешимости краевых задач для КГид систем уравнений как в нестационарном, так и стационарном случае, а также в приближении Обербека-Буссинеска. В первом параграфе приводится ряд вспомогательных утверждений, используемых в доказательствах основных результатов главы. Во втором параграфе доказаны теоремы существования обобщенного решения начально-краевых задач для КГид системы уравнений в случае слабосжимаемой жидкости в пространствах Соболева и в некоторых весовых классах, характеризующие поведение решений на бесконечности. Третий параграф посвящён вопросу об обобщенной разрешимости краевой задачи для стационарной КГид системы уравнений в пространствах Соболева. В четвертом параграфе главы рассматривается вопрос об обобщенной разрешимости начально-краевой задачи для КГид системы уравнений в приближении Обербека-Буссинеска в пространствах Соболева. Получены теоремы существования обобщенного решения краевых задач для различного вида КГид систем уравнений.

Вторая глава состоит из пяти параграфов. В ней рассматриваются вопросы регулярной разрешимости краевых задач для КГид систем уравнений в нелинейном и линеаризованном случаях, а также в приближении мелкой воды. В первом параграфе снова приводится ряд вспомогательных утверждений, используемых при доказательстве основных результатов данной главы. Во втором параграфе рассматриваются вопросы об обобщенной и регулярной разрешимости начально-краевых задач для КГид системы уравнений в линеаризованном случае в пространствах Соболева. Приведены теоремы существования и единственности решений начально-краевых задач. В третьем параграфе рассматривается вопрос о регулярной разрешимости начально-краевой задачи для КГид системы уравнений в нелинейном случае в пространствах

Соболева. В четвертом параграфе главы рассматривается вопрос о регулярной разрешимости начально-краевых задач для КГид системы уравнений в приближении мелкой воды в двумерном случае. Вопрос получения априорных оценок для регулярных решений краевой задачи для КГид системы уравнений в приближении мелкой воды, в некоторой степени характеризующих их поведение при $t \rightarrow \infty$, рассмотрен в пятом параграфе.

В приложении анализируются результатов вычислительного моделирования фильтрационных процессов в поровом пространстве пород-коллекторов, выполненного на основе квазигидродинамического подхода. Геометрическая модель расчетной области сформирована в виде трехмерного бинарного массива, построенного по данным микротомографии.

Обоснованность и достоверность научных положений и полученных результатов обеспечивается корректными формулировками, строгими математическими доказательствами всех приведенных утверждений, подтверждается исследованиями других авторов.

Основные положения работы докладывались и получили одобрение на 25 российских и международных научных конференциях и семинарах в виде устных докладов.

По теме диссертации опубликовано 14 работ. Из них 3 в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 работы в изданиях, входящих в международные системы цитирования Scopus и WoS и 8 в других изданиях.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что в ней впервые:

1. Доказана теорема существования и единственности обобщенных и регулярных решений краевых задач для нелинейной и линеаризованной КГид систем в случае слабосжимаемой жидкости в соболевских пространствах.
2. Получены результаты об обобщенной разрешимости краевой задачи для стационарной КГид системы уравнений.
3. Исследована разрешимость краевых задач для КГид системы в приближениях Обербека-Буссинеска и мелкой воды (в двумерном случае).

Замечания по диссертационной работе.

- 1) Отсутствие доказательства существования обобщенного решения краевой задачи для КГид системы уравнений в приближении мелкой воды. Несмотря на то, что доказательство регулярного решения краевой задачи для соответствующей системы уравнений рассмотрено достаточно подробно, хотелось бы пожелать в рамках диссертационной работы рассмотреть в том числе доказательство теоремы существования и единственности обобщенного решения.
- 2) Доказательства обобщенной разрешимости в весовом и невесовом случае (параграф 1.2) могут быть объединены. Это несколько сократит изложение и сделает его более понятным.
- 3) Доказательства ряда утверждений недостаточно подробны.
- 4) Не даны обозначения некоторых переменных. Например, в параграфе 1.4 (для КГид системы уравнений в приближении Обербека-Буссинеска) приходится догадываться о смысле функции f_0 .

Оформление диссертации соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Материал диссертации изложен последовательно и логично грамотным научным языком.

Автореферат диссертации соответствует её содержанию.

Диссертационная работа Евсеева Ф.А. по своим целям, задачам, методам исследования и научной новизне соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.2 – «Дифференциальные уравнения и математическая физика», работа отвечает пунктам:

- п. 1 Общая теория дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений,
- п. 2 Начальные, краевые и смешанные задачи для дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений,

п. 4 Качественная теория дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений,
п. 17 Математические проблемы механики сплошной среды,
паспорта специальности 1.1.2 – «Дифференциальные уравнения и математическая физика».

Заключение. Указанные замечания не снижают значимость научных результатов, полученных в диссертации и не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация является законченным научным исследованием, содержащим полученные лично автором новые результаты в области дифференциальных уравнений и математической физики. Основные результаты полностью опубликованы.

Автореферат адекватно отражает результаты диссертации.

В целом диссертационная работа Евсеева Федора Александровича «Разрешимость начально-краевых задач для квазигидродинамической системы уравнений в нелинейном и линеаризованном случае» является научно-квалификационной работой, в которой решены задачи, имеющие научное значение для специальности 1.1.2 – «Дифференциальные уравнения и математическая физика», и в полной мере отвечает п. 9-10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Евсеев Федор Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.2 – «Дифференциальные уравнения и математическая физика».

Официальный оппонент
доктор физико-математических наук
(05.13.18 – математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ), профессор,
Профессор кафедры прикладной математики,
Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Сургутский государственный университет»
В.А. Галкин

«21» сентября 2026 г.
Подпись Галкина Валерия Алексеевича заверяю
Ученый секретарь УС СурГУ, д.б.н.
Козлова В.В.

Галкин Валерий Алексеевич
Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Сургутский государственный университет»
Адрес: пр. Ленина, 1
628412, г. Сургут, Россия
Телефон: +7 (3462) 76-31-08
Адрес эл. почты: Galkin_VA@surgu.ru.

