

Отзыв официального оппонента
на диссертационную работу Ганченко Георгия Сергеевича
«Микротечения электролита в электрическом поле и их устойчивость»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

1. Актуальность темы

Диссертация Ганченко Г.С. посвящена исследованию электрогидродинамических (ЭГД) течений жидкости в микрообъемах. Важным аспектом этой проблемы является управление течением. В качестве одного из эффективных инструментов регулирования движения жидкости используются внешние поля, в частности, электрическое поле. Рассматриваемая проблема включает разработку механизмов инициации движения силами электрической природы и исследование устойчивости течения. Наряду с данными о полях скоростей и распределением заряда в слоях и пленках интерес представляют вопросы перестройки течения с изменением параметров, механизмы возникновения ячеистой структуры течения.

В этой области науки накоплен обширный фактический материал по вопросам транспортировки жидкости, переноса заряда, массо- и теплообмена. Однако некоторые явления, к которым относятся рассматриваемые в диссертации вопросы течения и устойчивости в слое со свободной границей, а также в микроканалах с ионоселективными мембранами, исследованы недостаточно.

Результаты исследований в этой области находят разнообразные практические приложения в технике, биологии, медицине. В настоящее время в промышленных технологиях широко используются микронасосы, устройства смешения или разделения жидкостей, системы химического анализа и медицинской диагностики.

Научный и практический интерес к этой проблеме не ослабевает и постоянно происходит совершенствование известных методов, а также разработка новых подходов в задаче управления течением. Несомненно, тема представленной диссертационной работы, посвященной исследованию течения и устойчивости ЭГД течения, является актуальной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Обоснованность положений, выводов и рекомендаций в диссертационной работе Ганченко Г.С. основана на использовании фундаментальных положений механики сплошных сред, электрогидродинамической теории. Рассмотренные постановки задач включают стандартную систему уравнений

электрогидродинамики бинарного электролита. Приближенные методы решения обоснованы, для построенных моделей определены условия их применимости. В численных методах использованы известные в практике алгоритмы. Выводы диссертации сделаны в соответствии с обоснованными решениями теоретических задач.

3. Новизна и достоверность

Целью диссертационной работы Ганченко Г.С. является теоретическое исследование движения и устойчивости жидкости бинарного электролита в слое и канале под действием электрического поля. Для достижения поставленной цели автор строит приближенные модели на основе уравнений электрогидродинамики, численно и аналитически решает задачи зарядки жидкого объема, устойчивости течения, исследует пороговые явления смены режимов течения. В диссертации выполнен анализ воздействий, влияющих на течение жидких объемов. В рассмотрение включены числа Дебая, Вебера, диффузионные эффекты, явления проскальзывания жидкости на гидрофобных границах.

В диссертации получены следующие новые результаты:

- Решена задача течения и устойчивости пленки электролита в продольном электрическом поле для случая заряженной подложки и свободной поверхности. Найдено, что рассчитанный стационарный профиль скорости в пленке количественно согласуется с экспериментальными данными независимых авторов.

- Решена задача течения и устойчивости слоя электролита, расположенного между ионоселективными мембранами в продольном электрическом поле. Предполагается, что к мембранам приложена разность потенциалов и одна из мембран гидрофобна. Вычисленная скорость электроосмотического проскальзывания в предельном случае гидрофильной мембраны совпадает с расчетными данными независимых авторов. Найдено, что существует критическая разность потенциалов между мембранами, при которой течение становится неустойчивым: в слое возникает ячеистая вихревая структура, вследствие чего на стационарный электрический ток накладываются мелкомасштабные осцилляции. Этот эффект регистрируется в эксперименте.

- Решена задача течения и устойчивости электролита в канале прямоугольного сечения с непроводящими стенками в продольном поле. Полученное выражение для скорости осмотического проскальзывания в частном случае канала неограниченной ширины совпадает с расчетом независимых исследователей. В данном случае также при некоторой разности потенциалов течение становится неустойчивым и в слое возникает ячеистая вихревая структура.

Достоверность результатов диссертации подтверждается их согласием с результатами других авторов. В построенных моделях путем предельных

переходов получены известные результаты. С использованием характерных параметров задач, определены пределы применимости использованных математических моделей. Достоверность результатов и выводов диссертации подтверждается также качественным согласием расчетных данных с известными экспериментальными данными.

4. Замечания по работе

1. В безразмерных граничных условиях (1.15) и (1.30) для скачка электрической индукции присутствует слагаемое пропорциональное отношению диэлектрических проницаемостей среды и воды. Для стеклянной подложки (проницаемость порядка 2-4) это отношение не менее 1/40. Для границы воздух-вода эта величина составляет 1/80. Почему в граничных условиях в первом случае такое слагаемое считается малым и опускается, а во втором – учитывается?

2. Пункт 3.2.1. диссертации основан на решении уравнения (3.8). Однако вывод этого уравнения отсутствует.

3. Наряду с прямым сопоставлением результатов автор использует «неявную» форму сравнения с данными независимых исследователей. В последнем случае предполагается, что читатель сделает выводы. На стр.68 присутствует фраза: «Вид зависимости от гидрофобности качественно тот же, что был предсказан в экспериментах Е.Д. Белашовой и В.В. Никоненко, см., например, рис. 6(б) в [59]». При этом прямо не разъясняется, каков уровень согласия данных.

4. В диссертации на стр.81 приведены граничные условия для зарядовых концентраций со ссылкой на книгу: Седов Л.И. Механика сплошной среды. Наука, 1973, Т.1, 536 с. В указанной книге таких граничных условий нет. Утверждается, граница раздела является поверхностью сильного разрыва. Однако отсутствует список величин, испытывающих сильный разрыв.

5. Рис. 4.2 и 4.18 не комментируется в тексте.

5. Общие выводы по диссертации

Оценивая диссертационную работу в целом, можно констатировать ее несомненную актуальность и научную новизну. Полученные результаты и выводы достоверны и обоснованы на современном научном уровне. Основные положения выполненных исследований опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ, доложены на представительных научных конференциях и получены лично автором. Автореферат, составленный с соблюдением установленных требований, в достаточной степени отражает содержание диссертации. Следует отметить, что вышеперечисленные недостатки не умаляют достоинств диссертационной работы.

Проведенный анализ диссертационной работы Ганченко Георгия Сергеевича позволяет сделать вывод о том, что она является законченной

научно-квалификационной работой, в которой решен ряд задач течения и устойчивости электролита в микрообъемах под действием электрического поля, имеющих существенное значение для электрогидродинамики.

Диссертационная работа Ганченко Георгия Сергеевича «Микротечения электролита в электрическом поле и их устойчивость» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, а сам Г.С. Ганченко достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент,



19.11.15

А. А. Шутов, д. ф.-м. н.,
профессор кафедры «Прикладная математика»
Обнинского института атомной энергетики
НИЯУ МИФИ

Почтовый адрес: 249040, г. Обнинск,
Калужская обл., Студгородок, 1, каф. ПМ
тел. (484)3979490 доб. 447

Подпись А.А. Шутова заверяю:

Директор ИАТЭ НИЯУ МИФИ



Айрапетова Н. Г.