

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Т.И. Рождественской
“Численное исследование свойств неоднородных жидкостей при обтекании ими
кругового цилиндра”

представленную на соискание ученой степени
кандидата физико–математических наук по
специальности 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы

Работа посвящена численному изучению задачи обтекания кругового цилиндра потоком стратифицированной жидкости. *Актуальность* рассматриваемой проблемы следует как из необходимости исследовать течения, процессы распространения примеси и энергии в таких природных системах, как океан и атмосфера, а также из традиционного для гидродинамики интереса к задачам обтекания тел правильной формы и связанными с ними вопросами устойчивости, вихреобразования и определения границ режимов течения. Особенностью представленной работы является использование модели, когда эффекты диссипации учитываются не только в уравнениях для переноса скорости (вязкость), но также и примеси (диффузия). Подобный подход позволил автору разрешить тонкую структуру течений в двумерной постановке задачи. К наиболее важному результату, полученному в представленной работе следует отнести обнаружение факта трехмеризации течения при обтекании кругового цилиндра.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во введении излагается содержание работы, ее цели, научная новизна и значимость. Описываются основные особенности, отличающие течения стратифицированной и однородной жидкости, приводятся основные характеристики стратифицированной жидкости.

В первой главе приводится краткий обзор литературы по исследованию задач обтекания цилиндра потоком стратифицированной жидкости, особое внимание уделено работам по экспериментальному моделированию течений. таких течений. Подробно изложена математическая модель задачи, определены начальные и граничные условия. Отдельно приведена численная схема решения задачи – метода расщепления по физическим факторам для несжимаемой жидкости с явной гибридной конечно-разностной схемой (Белоцерковский и др., 1975; Белоцерковский и др., 1987; Гушин, 1990), модифицированного автором диссертации для расчета течений неоднородной жидкости.

Во второй главе сопоставлением с результатами лабораторных экспериментов проведено тестирование численной модели течения. Сравнение параметров основных элементов течения (опережающего возмущения, присоединенных внутренних волн, высокоградиентных прослоек в следе за телом), а также профилей скорости показало удовлетворительное совпадение между данными численных расчетов и лабораторных наблюдений.

В третьей главе проанализировано влияние стратификации на границу области блокировки. Показано, что при слабой стратификации и высоких значениях скорости набегающего потока ($Re=82.5$; $Fr=0.53$) эффект блокировки течения не возникает. Вычисления проведены в диапазоне чисел Рейнольдса от 25. до 113.5

В четвертой главе Изучен вопрос нарушения двумерного характера обтекания кругового цилиндра. Показано, что эффект трехмеризации течения наступает для двух рассмотренных значений периода плавучести, причем увеличение периода плавучести (снижение величины стратификации) приводит к уменьшению критического числа Рейнольдса, при котором течение становится трехмерным.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

В целом приведенная диссертация Т.И. Рождественской совокупность численных расчетов и их сравнение с экспериментальными результатами, развивает представления об устойчивости течений в стратифицированных средах и нарушении

плоского характера течений. К основным достижениям автора следует отнести модификацию численного метода расчета задач обтекания тел в однородной жидкости к аналогичным задачам теории стратифицированной жидкости; численное доказательство существования некоторых экспериментально наблюдаемых элементов течения, обнаружение неустойчивости плоского характера обтекания кругового цилиндра потоком стратифицированной жидкости и возникновении трехмерных структур в поле течения. Полученные результаты следует признать новыми и практически важными. *Достоверность* результатов работы следует из практики применения численного метода Белоцерковского-Гущина-Коньшина к задачам обтекания тел и, представленного в данной работе, согласия между данными лабораторных экспериментов и численных расчетов, проведенных по модифицированному автором к задачам теории стратифицированных течений методу вышеуказанных авторов.

Результаты работы были заслушаны и одобрены на семинаре лаборатории механики сложных жидкостей ИПМех РАН.

ЗАМЕЧАНИЯ, не влияющие на общую положительную оценку работы.

К недостаткам представленной работы следует отнести отсутствие сравнения (в том числе качественного) данных расчетов с экспериментами независимых групп исследователей, прежде всего группы D.L. Boyer'a, что позволило бы увеличить достоверность полученных результатов. К сожалению, в работе не определена граница устойчивости двумерного течения (критического числа Рейнольдса), ее значение для однородной жидкости и зависимость от числа Фруда.

При оформлении работы допущены ряд небрежностей, в частности автор вводя вначале безразмерный комплекс $C = D / \Lambda$ затем, при записи уравнений движения в безразмерном виде, его не использует; при записи векторных величин использует в одном месте полужирный шрифт, в другом стрелку над символом, а при описании численной схемы обозначенное как вектор ускорение свободного падения в одном уравнении складывается со лапласианом скорости, которая обозначена как скалярная величина. В ряде графиков шкала выбрана так, что основное место занимают малоинформативные участки иллюстрируемой функции. В то же время следует отметить, что высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Название работы отражает ее сущность. Основные результаты опубликованы в ведущих Российских и зарубежных научных изданиях.

Диссертация Т.И. Рождественской, посвященная численному анализу течений стратифицированной жидкости вокруг кругового цилиндра выполнена на хорошем уровне, с применением новейших численных методов и полностью соответствует требованиям ВАК о порядке присвоения ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Старший научный сотрудник
лаборатории механики жидкостей
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН
кандидат физико-математических наук



В.Г. Байдулов

т.р. +7-495-434-6063

ПОДПИСЬ	<i>В.Г. Байдулов</i>	ЗАВЕРЯЮ:
	Учелый секретарь ИГиЛ РАН, к.ф.-м.н.	
<i>16</i>	<i>нояб</i>	Е.И. Сысоева 2015 г.