

**Резюме проекта НИР, выполняемого
в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-
технологического комплекса России на 2007 – 2013 годы»
*/итоговое/***

Номер контракта: 16.518.11.7059

Тема: «Лабораторное моделирование динамики, тонкой структуры и взаимодействия ключевых процессов в гидросфере и атмосфере с учетом эффектов стратификации и вращения с использованием УСУ «Гидрофизический комплекс для моделирования гидродинамических процессов в окружающей среде и их воздействия на подводные технические объекты, а также распространения примесей в океане и атмосфере (ГФК ИПМех РАН)»»

Приоритетное направление: рациональное природопользование

Критическая технология: технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы

Период выполнения: 12.05.2011 – 15.11.2012

Плановое финансирование проекта: 5,5 млн. руб.

Бюджетные средства – 5,5 млн. руб.,

Внебюджетные средства – 0 млн. руб.

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН)

Ключевые слова: неоднородные жидкости, дифференциальные модели, теоретико-групповой анализ, доработка стендов.

1. Цель исследования, разработки

Цель настоящей НИР – получение новых данных, необходимых для построения адекватных физико-математических моделей течений неоднородных жидкостей, которые позволят повысить достоверности описания процессов в атмосфере, гидросфере и техносфере в рамках новых дифференциальных моделей механики неоднородных жидкостей.

Задачи НИР:

- повышение достоверности описания процессов в атмосфере, гидросфере и технологических установках за счет количественного учета параметров тонкой структуры и ее влияния на эволюцию течений в рамках новых дифференциальных моделей механики неоднородных жидкостей, не требующих введения дополнительных гипотез, связей и эмпирических констант;
- формулировка обоснованных требований к измерительной аппаратуре нового поколения, методам обработки и представления данных аэрогидродинамического эксперимента;
- обеспечение загрузки УСУ «ГФК ИПМех РАН».

2. Основные результаты проекта

Определена фундаментальная система уравнений, симметрии которой соответствуют базовым принципам механики, установлено минимальное число параметров, позволяющих описать динамику и структуру течений. Выделены критерии подобия,

необходимые для переноса результатов модельных исследований на природные и техногенные системы. Впервые построено полное аналитико-численное решение задачи расчета течений, индуцированных диффузией на непроницаемой полосе в стратифицированной жидкости.

Обобщены результаты разработки основных положений новых моделей механики неоднородных жидкостей и новых рекомендаций по разработке методик измерения физических параметров течений.

Получены новые экспериментальные данные о процессах формирования тонкой структуры периодических течений, создаваемых протяженными излучателями, в качестве которых использовались двумерные цилиндры. Выявлены эффекты трехмеризации течений – формирование тонкой структуры вдоль образующих цилиндров.

Впервые оптическими и акустическими методами обнаружены и исследованы новые элементы тонкой структуры – полосчатые структуры, локализованные между фазовыми поверхностями присоединенных внутренних волн, в стратифицированных течениях за плохообтекаемыми препятствиями – барьерами (пластинами), ориентированными ортогонально набегающему потоку. Масштабы структур, измеренные независимыми методами – теневым и гидролокационным – с ростом интенсивности течения стремятся по величине к универсальному масштабу микроструктуры, определяемому кинематической вязкостью и плавучестью среды.

Выполнено экспериментальное исследование механизмов формирования структуры и переноса вещества в высыхающих каплях растворов и суспензий.

Получены новые экспериментальные данные по динамике формирования структур в высыхающих каплях растворов минеральных солей и суспензий микро- и наночастиц. В экспериментах прослежено влияние наночастиц на картину формирования кристаллов солей.

Впервые экспериментально установлено принципиальное отличие переноса твердого и жидкого маркеров в вихревых течениях. Твердотельный маркер обращается вокруг центра вихря и одновременно вращается вокруг собственной оси, угловая скорость собственного вращения зависит от не только от параметров течения, но и формы маркера. Окрашенный жидкий маркер вытягивается в спиральную структуру на поверхности жидкости и проникает внутрь в форме тонких двойных нитей, образующих поверхность вращения.

Экспериментально изучен механизм излучения звука при падении капель на поверхность жидкости и установлен объект излучения – воздушная полость неравновесной формы, формирующая звуковые пакеты только на стадии перехода в равновесное состояние, получены количественные оценки динамических и энергетических параметров процесса.

Разработано и технически реализовано быстродействующее управление экспериментом, интегрирующее оптические (видеокамера Opttronis CR3000x2), акустические (гидрофон, микрофон) и контактные инструменты.

Разработано, изготовлено и опробовано на стенде ЛПБ УСУ «ГФК ИПМех РАН» устройство генерации колебаний в диапазоне частот 0.01 – 0.1 Гц. Впервые установлена трехмеризация стратифицированных периодических течений на цилиндре.

Разработана лабораторная работы для студентов "Моделирование переноса вещества в вихревых течениях со свободной поверхностью" для выполнения на УСУ "ГФК ИПМех РАН" (ISBN 978-5-91741-032-6).

Произведена закупка оборудования для стендов УСУ ГФК ИПМех РАН, произведена модернизация стендов, за счет которой повышено пространственно-временное разрешение оптико-акустических измерений подводных процессов (не хуже 20 мкс).

Проведены патентные исследования, уточнены методики моделирования. Найденные сведения использованы для оформления заявок на "Программу построения системы определяющих уравнений" и "Устройство для формирования одноразмерных капель жидкости или пузырьков газа" (Резюме, п. 3).

Разработана лабораторная работы для студентов "Математическое и лабораторное моделирование коротких внутренних волн в непрерывно стратифицированных жидкостях" для студентов 3 курса для выполнения на УСУ "ГФК ИПМех РАН" (ISBN 978-5-317-04066-6).

Разработана программы развития УСУ "ГФК ИПМех РАН".

Выполнены экспериментальные работы на УСУ «ГФК ИПМех РАН» в интересах промышленных, научно-исследовательских и учебных учреждений (ФГУП «ЦАГИ», ФГБОУ ВПО МГУ им. М.В. Ломоносова, Астраханский государственный университет, Московская государственная академия водного транспорта, Российский государственный гидрометеорологический университет, Институт гидромеханики Национальной Академии наук Украины).

Проведена оценка полученных результатов.

Организованы и проведены Коллоквиум ЕВРОМЕХ 531 «Вихри и волны: идентификация и взаимное влияние» и Международная научная школа молодых ученых и специалистов «Механика неоднородных жидкостей в полях внешних сил: вихри и волны» (Москва, 21-30 июня 2011 г.), Международная конференция "Потоки и структуры в жидкостях: Физика геосфер" и научная школа-семинар молодых ученых "Морские измерения в геофизике и гидрофизике" (Владивосток, 22-30 сентября 2011 г.), в работе которых приняли участие ученые из многих стран (Россия, Украина, Чехия, Япония, Франция, Индия, Мексика, Германия, Израиль), симпозиум IUTAM "Волны в жидкостях: эффекты релейности, вращения стратификации и диссипации. Москва, 18-22 июня 2012 г.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования, разработки.

Получено уведомление (регистрационный № 2012615174 от 08.06.2012 Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент) о Государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа построения системы определяющих уравнений для генераторов приближенных групп симметрий "SDE GAGS"», заявитель – ИПМех РАН. Программа разработана на этапе 3, заявка № 2012612713 на государственную регистрацию в ФИПС подана 12 апреля 2012 г.

По результатам экспериментальных исследований на УСУ «ГФК ИПМех РАН» в качестве охраноспособного результата подана заявка в Федеральный институт промышленной собственности Федеральной службы по интеллектуальной собственности на полезную модель «Устройство для формирования одноразмерных капель жидкости или пузырьков газа» № 2012136441 от 27.08.2012.

4. Назначение и область применения результатов проекта

На основе полученных экспериментальных данных разработано новое поколение теоретических моделей расчета эволюции и структурного состава течений жид-

кости – дифференциальная механика жидкостей. Модели не содержат дополнительных параметров, результаты расчетов течений допускают прямое сравнение с природными аналогами и являются основой надежного прогноза природных процессов и расчета технологических потоков.

Новые экспериментальные данные по эволюции тонкой структуры в периодических течениях и потоках за пластинами могут быть использованы для совершенствования методик дистанционного обнаружения подводных и воздушных объектов, а также областей компактной турбулентности.

Модель обосновывает необходимость разработки прямого измерения импульса течения, который может быть определен по силовому действию или расходу потока.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Проведенные эксперименты позволили:

выявить ранее неисследованную тонкую структуру течений за препятствиями и измерить ее пространственно-временные параметры – величину микромасштаба, изменчивость с возрастом течения. В природной среде подобная структура может служить индикатором перехода течения к более интенсивному режиму.

Разработать аналитические и аналитико-численные методы расчета течений, не содержащие эмпирических констант и подгоночных параметров. Расчеты по предложенной модели пучков периодических внутренних волн согласуются с данными независимых измерений в пределах нескольких процентов.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Возможность коммерциализация результатов НИР не рассматривалась.

Директор ИПМех РАН

Заведующий лабораторией
ИПМех РАН

М.П.



Ф.Л. Черноусько

Ю.Д. Чашечкин