

XXIV Научная сессия Совета РАН по нелинейной динамике

Конференц-зал Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Нахимовский пр-т. 36, ст. метро «Профсоюзная»
21-22 декабря 2015 г.

КРАТКИЕ АННОТАЦИИ ВЫСТУПЛЕНИЙ

Артемьев А.В., Васильев А.А., Нейштадт А.И., Зеленый Л.М.....	4
Нерезонансное ускорение заряженных частиц электростатическими волнами в флуктуирующем магнитном поле.....	4
Балакин А.А., Левин Д., Фрайман Г.М., Fisch N.J., Jia Q.....	5
Влияние опрокидывания плазменной волны на рамановскую компрессию лазерных импульсов в плазме.....	5
Бражников М.Ю., Левченко А.А., Межов-Деглин Л.П., Ремизов И.А.	6
Распадная неустойчивость гравитационно-капиллярной волны на поверхности жидкого водорода.....	6
Будаев В.П., Карпов А.В., Меньшов И.С., Кудряшов И.Ю., Северин А.В., Брутян М.А., Волков А.В., Урусов А.Ю., Успенский А.А., Устинов М.В.	7
Влияние фрактальной микроструктуры обтекаемой поверхности на характеристики турбулентного пограничного слоя.....	7
Вергелес С.С., Парфеньев В.М., Лебедев В.В., Филатов С.В., Бражников М.Ю., Левченко А.А.	9
Генерация поверхностных вихрей волнами на поверхности жидкости.....	9
Высотина Н.В., Розанов Н.Н.	10
Гистерезис для солитона, левитирующего над осциллирующим атомным зеркалом	10
Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М., Куртц Ю., Фейгин А.М.....	11
Главные нелинейные динамические моды климатической изменчивости	11
Гелаш А.А.	12
Суперрегулярные солитонные решения НУШ – теория и эксперимент	12
Гелаш А.А., Захаров В.Е.....	13
Неустойчивость инерционных волн во вращающейся жидкости.....	13
Гончаров В.П., Павлов В.И.	14
Влияние ньютоновского выхолаживания на динамику восходящих струй.....	14
Гриневич П.Г., Новиков Р.Г.	15
Преобразование Мутара для обобщенно-аналитических функций и теория рассеяния	15
Демидова Т.В., Шевченко И.И.....	16

Структуры в планетезимальных дисках	16
Доброхотов С.Ю., Миненков Д.С., Назайкинский В.Е., Тироцци Б.	17
О формулах для заплеска на криволинейный берег длинных волн, порожденных локализованными источниками	17
Дружинин О.А., Троицкая Ю.И.	18
Прямое численное моделирование турбулентного ветра, несущего мелкодисперсные капли, над взволнованной водной поверхностью	18
Дрюма В.С.	19
Геометрические свойства системы уравнений Эйлера несжимаемой жидкости	19
Елаева М.С., Жуков М.Ю., Ширяева Е.В.	20
Задача Гурса и метод годографа	20
Ефимов В.	21
Энергетические спектры при четырех-волновом взаимодействии. Экспериментальные результаты в океанском бассейне	21
Зубарев Н.М., Зубарева О.В.	22
Точные решения задачи об отекании двумерного пузыря плоским потоком жидкости	22
Камчатнов А.М.	23
Метод Уизема для возмущённого уравнения Кортевега - де Вриза	23
Кислов Р.А., Малова Х.В., Васько И.Ю.	24
Модель магнитодиска Юпитера	24
Кляцкин В.И., Кошель К.В.	25
О стохастическом механизме аномального структурообразования на морской поверхности	25
Конторович В.М.	26
Разукрупнение (downsizing) с точки зрения модели слияний (предварительное обсуждение)	26
Куркина О., Рувинская Е., Талипова Т., Куркин А., Пелиновский Е.	27
Nonlinear disintegration of sine wave: Gardner framework	27
Лозников В.М., Ерохин Н.С., Зольникова Н.Н., Михайловская Л.А.	28
Серфотронное доускорение протонов в плазме местных межзвездных облаков	28
Малова Х.В., Домрин В.И., Артемьев А.В., Кропоткин А.П.	29
Особенности формирования тонкого токового слоя в хвосте Земной магнитосферы	29
Никитенкова С.П., Сингх Н.Н., Степанянц Ю.А.	30
Модуляционная неустойчивость длинных квазимонохроматических волн во вращающемся океане	30
Оладышкин И.В., Миронов В.А., Фадеев Д.А.	31
Диагностика рассеяния электронов в металлах по терагерцовому отклику на фемтосекундные лазерные импульсы	31
Пелиновский Е.Н., Шургалина Е.Г., Слюняев А.В.	32
Волны-убийцы в солитонном газе	32
Попова Е.А., Шевченко И.И.	33
Численное и аналитическое описание устойчивости циркумбинарных планетных систем	33
Потапов А.А., Рассадин А.Э.	34
Об обобщённых соотношениях неопределённостей в квантовой механике	34
Рубан В.П.	35
Гауссов вариационный анзац в проблеме аномальных морских волн: сравнение с прямым численным моделированием	35
Рыжов Е.А., Кошель К.В.	36

Глобальная хаотизация траекторий жидких частиц в двухслойной модели поля скоростей, индуцированном двумя вихрями в деформационном фоновом потоке	36
Рылов Ю.А.	37
Обратная задача Маделуга	37
Сулейманов Б.И.	38
Некоторые особенности изгибаний сильно сжатого стержня	38
Филатов С.В., Бражников М.Ю., Левченко М.Ю.	39
Формирование вихревого течения волнами на поверхности жидкости	39
Чаликов Д.	40
Малоизвестные свойства поверхностных волн	40
Чефранов С.Г., Чефранов А.Г.	41
Линейная неустойчивость течений Хагена-Пуазейля, плоского течения Куэтта и плоского течения Пуазейля	41
Шамин Р.В., Юдин А.В., Кузнецов К.И.	42
Кинематические модели возникновения волн-убийц	42
Ильин А.С., Сирота В.А., Зыбин К.П.	43
Сепарация лагранжевых траекторий в гладком поле скоростей	43
Павлов М.	44
Обобщенное многомерное уравнение Хохлова-Заболоцкой	44
Агафонцев Д.С., Захаров В.Е.	45
Интегрируемая турбулентность из модуляционной неустойчивости кноидальных волн	45
Дьяченко А.И., Качулин Д.И., Захаров В.Е.	46
Компактные уравнения для волн на воде: временное и пространственное	46

**Артемьев А.В., Васильев А.А., Нейштадт А.И.,
Зеленый Л.М.**

***Нерезонансное ускорение заряженных частиц
электростатическими волнами в флуктуирующем
магнитном поле***

Обсуждается возможность нерезонансного ускорения заряженных частиц высокочастотной электростатической волной, распространяющейся поперек магнитного поля. Предполагается, что скорость частицы много меньше фазовой скорости волны, так что резонанс волна-частица невозможен, и ускорение в случае однородного магнитного поля отсутствует. Показано, что если на магнитное поле наложены пространственные флуктуации, то частица может быть ускорена волной. Возникновение ускорения связано с тем, что флуктуации магнитного поля разрушают препятствующую ускорению адиабатическую инвариантность в движении частиц.

Балакин А.А., Левин Д., Фрайман Г.М., Fisch N.J., Jia Q.

Влияние опрокидывания плазменной волны на рамановскую компрессию лазерных импульсов в плазме

Из первых принципов, получены уравнения для трехволнового взаимодействия в плазме с учетом влияния нелинейной дисперсии для плазменной волны. Член с нелинейной дисперсией дает также и опрокидывания плазменной волны, которая требует кинетических уравнения для адекватного описания. Показано, что доминирующим влиянием нелинейной дисперсии для плазменной волны в процесс рамановской компрессии является появление нелинейной отстройки частоты, которая ограничивает амплитуду плазменной волны ниже порога опрокидывания. Результаты РС расчетов хорошо согласуются с аналитическими оценками.

**Бражников М.Ю., Левченко А.А., Межов-Деглин Л.П.,
Ремизов И.А.**

***Распадная неустойчивость гравитационно-капиллярной
волны на поверхности жидкого водорода***

Институт физики твёрдого тела РАН, 142432 Черноголовка, Россия

Приведены результаты экспериментальных исследований распадной неустойчивости гравитационно-капиллярных волн на заряженной поверхности жидкого водорода в прямоугольной ячейке, возбуждаемых переменным электрическим полем на частотах в диапазоне 14–30 Гц. Установлено, что рост амплитуд субгармоник, появляющихся в результате распада волны на частоте накачки, происходит по экспоненциальному закону. Из полученных в эксперименте значений инкремента распадной неустойчивости и коэффициента затухания поверхностных волн в прямоугольной ячейке оценён коэффициент трёхволнового процесса взаимодействия гравитационно-капиллярных волн.

Будаев В.П., Карпов А.В., Меньшов И.С., Кудряшов И.Ю., Северин А.В., Брутян М.А., Волков А.В., Урусов А.Ю., Успенский А.А., Устинов М.В.

Влияние фрактальной микроструктуры обтекаемой поверхности на характеристики турбулентного пограничного слоя

В.П.Будаев, А.В.Карпов (НИЦ Курчатовский институт, Москва)

И.С.Меньшов, И.Ю. Кудряшов, А. В. Северин (ИПМ РАН им. М.В. Келдыша, Москва)

М.А.Брутян, А.В.Волков, А.Ю.Урусов, А.А.Успенский, М.В.Устинов (ФГУП «ЦАГИ» г. Жуковский)

В ЦАГИ ведутся исследования турбулентного погранслоя (ТПС) над моделями с неоднородной хаотической микроструктурой поверхности, имеющей особую иерархию гранулярности – фрактальность [1,2]. Такая поверхность формируется на металлических моделях после их облучения мощными потоками высокотемпературной плазмы в термоядерной установке КСПУ-Т (ТРИНИТИ). Фрактальная поверхность такого стохастического рельефа имеет шероховатость от ~500 нм до ~200 мкм. Пластина с фрактальной поверхностью оказывает значительное влияние на амплитудные и статистические характеристики ТПС вниз по потоку на масштабах более 5-6 размеров пластины, увеличивается время поперечных корреляций (Рис.1).

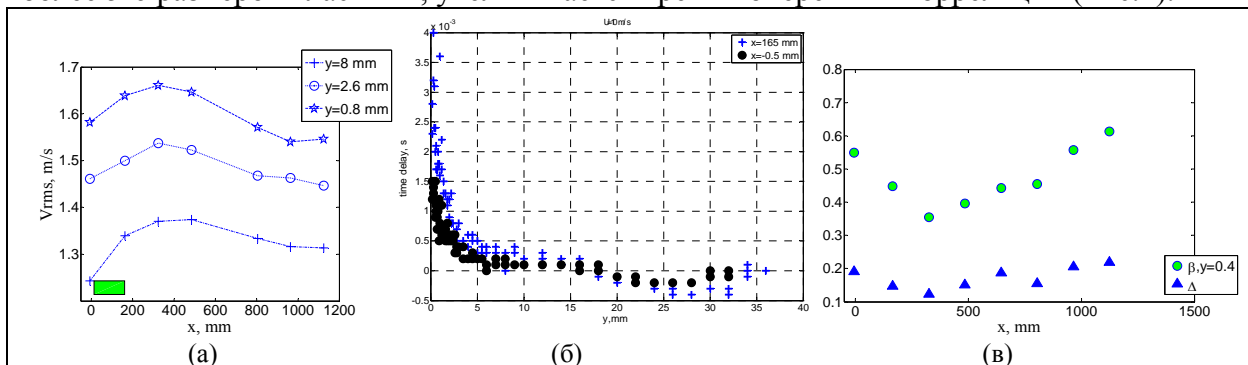


Рис.1. Эксперимент в АДТ Т-36И [1], фрактальная пластина 160x160 мм² МЗ установлена при x=0: (а) Амплитуды пульсаций скорости ТПС, скорость потока U=20 м/с (б) Кросскорреляционное время в зависимости от высоты y у ТПС: 5 мм до (o) и 5 мм после (+) фрактальной пластины, U=10 м/с. (в) Статистические свойства ТПС - параметры логпуассоновского скейлинга β и Δ [1] вдоль потока после фрактальной пластины; y=0.4 мм z=-19 мм, U=20 м/с.

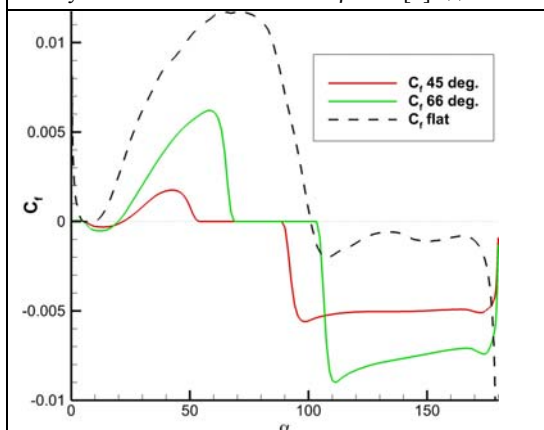


Рис. 2. Коэффициент трения C_f в зависимости от угловой переменной цилиндра. Ширина фрактальной шероховатой вставки по углу 45°, середина - при положении вставки на 45° и 66°. M=0,2, Re=5x10⁵, в зонах над вставкой C_f условно показан равным 0, пунктир – гладкий цилиндр.

Фрактальная поверхность оказывает заметное влияние на амплитудные и спектральные характеристики ТПС. Отмечается подавление низкочастотной части спектра и изменение коэффициента аэродинамического сопротивления, что указывает на возможность целенаправленного управления турбулентностью. Проведены трехмерные расчетные исследования турбулентного течения газа около цилиндрической поверхности со вставкой фрактальной микроструктуры на наветренной стороне и вблизи точки отрыва турбулентного пограничного слоя. Использовался новый подход для расчетов пограничного течения над шероховатой фрактальной поверхностью, микроструктура которой представляется эффективным пористым проницаемым материалом с переменным распределением по пространству пористостью. Зависимость коэффициента трения от угловой переменной - на Рис. 2. Отрыв турбулентного пограничного слоя локализован вблизи углов 84.5° и 90.7° (вставка на 45° и 66° соответственно), за шероховатой поверхностью начинается область возвратного течения.

[1] Брутян М.А., Будаев В.П., Волков А.В., Меньшов И.С. и др. // Ученые записки ЦАГИ, 2013, т. 44, №4, с.15

[2] Будаев В.П. и др. // Письма в ЖЭТФ, 2012, ,95, №2, 84-90

Вергелес С.С., Парфеньев В.М., Лебедев В.В., Филатов С.В., Бражников М.Ю., Левченко А.А.

Генерация поверхностных вихрей волнами на поверхности жидкости

ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, Черноголовка
ИФТТ РАН, Черноголовка

Мы представляем новое явление, заключающееся в генерации вертикальной завихренности волнами на поверхности вязкой жидкости. Построена теория, показывающая, что генерация завихренности является нелинейным эффектом второго порядка по амплитуде поверхностных волн. Хотя амплитуда завихренности на поверхности жидкости не зависит от вязкости, вязкость жидкости имеет принципиальное значение для самого процесса генерации. Вертикальная завихренность возникает только в случае сложного волнения, когда на поверхности возбуждены волны, распространяющиеся в разных направлениях, т.е. когда движение жидкости оказывается существенно трёхмерным.

Нами проведено сравнение теории с экспериментом. Эксперимент был выполнен для воды в диапазоне капиллярных волн на частоте ~ 50 Гц. В кувете квадратной формы возбуждались две ортогональные друг другу стоячие волны. Вихревое поверхностное течение определялось путём наблюдения за микрочастицами, находящимися на поверхности воды. Для такого способа измерения течения, помимо сноса частиц вихревым течением надо также учитывать Стоксов дрейф, дающий ту же структуру движения, что и поверхностные вихри. Мы исследуем оба вклада и проводим численное сравнение с экспериментом.

Высотина Н.В., Розанов Н.Н.

Гистерезис для солитона, левитирующего над осциллирующим атомным зеркалом

Н. В. Высотина¹, Н.Н. Розанов¹⁻³

*¹Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова,
199053, Санкт-Петербург, Россия,*

²Университет ИТМО, 197101 Санкт-Петербург, Россия

³Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, 194021 Санкт-Петербург, Россия

E-mail: nnrosanov@mail.ru

Проведен анализ динамики солитона атомного конденсата Бозе-Эйнштейна, помещенного над осциллирующим атомным зеркалом и находящегося в однородном гравитационном поле. Показано, что движение центра солитона, найденное из «точного» уравнения Гросса-Питаевского, с высокой степенью точности совпадает с получаемым из механического уравнения ньютоновского типа. Модель описывает стохастическое ускорение Ферми, периодические, квазипериодические и хаотические движения центра солитона. Изучены гистерезисные явления при медленном возрастании и последующем убывании мгновенной частоты колебаний атомного зеркала. Найдены простые выражения для «нижней» (малоамплитудной) и верхней (высокоамплитудной) ветвей гистерезисной зависимости, а также оценены условия переключения между ветвями. Показано, что на этапе убывания мгновенной частоты колебаний зеркала возможна реализация подъема солитона до аномально больших высот, если скорость изменения мгновенной частоты достаточно мала.

**Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М., Куртц Ю.,
Фейгин А.М.**

***Главные нелинейные динамические моды климатической
изменчивости***

Институт прикладной физики РАН

Разработан метод анализа пространственно-распределенных данных, позволяющий находить главные моды исследуемой динамической системы: низкоразмерные временные ряды, описывающие значительную часть наблюдаемой изменчивости. Метод основан на специальном подходе к разложению данных, учитывающем как нелинейные взаимосвязи сигналов, измеренных в различных пространственных точках, так и причинную обусловленность в пределах каждого отдельного временного ряда. Метод применен к анализу данных ежемесячных спутниковых измерений поля температуры поверхности океана (ТПО), покрывающего Земной шар, за период с 1981 года по настоящее время. Показано, что в рассматриваемых данных присутствуют три статистически значимые нелинейные моды, захватывающие около 85% суммарной вариации. Первая, наиболее энергичная мода, обеспечивает эффективное выделение из данных сезонного годового цикла. Две другие моды описывают существенную часть динамики, ассоциированной с Эль-Ниньо Южным колебанием, Тихоокеанским декадным колебанием (ТДК) и изменчивостью ТПО в Северной Атлантике: их совместные коэффициенты корреляции с соответствующими этим явлениям климатическими индексами Северного полушария составляют от 0.73 до 0.88. Одна из этих мод ответственна за смену фазы ТДК с положительной на отрицательную, имевшую место в конце 20-го века и тесно связанную с наблюдаемым последние 15 лет замедлением потепления атмосферы. Показано, что данное событие является резким климатическим сдвигом, совпадающим по времени с сильнейшим за всю историю наблюдений эпизодом Эль-Ниньо в 1997-98 годах, что подтверждает гипотезу о переключающей роли этого эпизода в динамике ТДК. Продемонстрирована перспективность разработанного метода для исследования доминирующих дальних связей климатической динамики в различных регионах Земли [1].

1. Dmitry Mukhin, Andrey Gavrilov, Alexander Feigin, Evgeny Loskutov & Juergen Kurths. Principal nonlinear dynamical modes of climate variability. Nature Scientific Reports, rep. 5, 15510; doi: 10.1038/srep15510 (2015).

Гелаш А.А.

Суперрегулярные солитонные решения НУШ – теория и эксперимент

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

Суперрегулярные солитонные решения нелинейного уравнения Шредингера (НУШ) являются одним из возможных сценариев развития модуляционной неустойчивости из малых локализованных возмущений конденсата [1]. В докладе представлены результаты работы [2], в которой подобный сценарий впервые подтвержден экспериментально. Эксперименты проводились одновременно в оптике и гидродинамике. Кроме того, обсуждается роль суперрегулярных решений в формировании волн-убийц и вопросы численного моделирования многосолитонной динамики.

[1] Zakharov, V. E., & Gelash, A. A. (2013). Nonlinear stage of modulation instability. *Physical review letters*, 111(5), 054101.

[2] Kibler, B., Chabchoub, A., Gelash, A., Akhmediev, N., & Zakharov, V. E. (2015). Superregular Breathers in Optics and Hydrodynamics: Omnipresent Modulation Instability beyond Simple Periodicity. *Physical Review X*, 5(4), 041026.

Гелаш А.А., Захаров В.Е.

Неустойчивость инерционных волн во вращающейся жидкости

А. А. Гелаш¹, В.Е. Захаров^{1,2,3}

¹)Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

²) University of Arizona, Tucson, USA.

³) Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия.

Построен гамильтоновский формализм для инерционных волн во вращающейся жидкости. Подробно исследован инкремент распадной неустойчивости. В рамках гамильтоновского формализма получены колмогоровские спектры волновой турбулентности, которые ранее были обнаружены S. Galtier. Обсуждается область применимости спектров и роль параметрической накачки, обусловленной неустойчивостью эллиптического потока. По результатам работы подготовлена статья Andrey A. Gelash, Victor S. L'vov, Vladimir E. Zakharov. On instability of inertial waves in rotating fluids.

Гончаров В.П., Павлов В.И.

Влияние ньютоновского выхолаживания на динамику восходящих струй

(1) Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, 109017 Москва, Россия
(2) UFR des Mathematiques Pures et Appliquees - LML CNRS UMR 8107,
Universite de Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq, France

Модель активного слоя мелкой воды с горизонтально неоднородной плотностью и ньютоновским выхолаживанием рассматривается в приближении негидростатичности. В рамках этой модели изучены режимы рэлей--тейлоровской неустойчивости и механизм формирования автомодельных струй. Показано, что полная иерархия неустойчивостей в этой модели состоит из трех режимов – коллапс, степенной рост (алгебраическая неустойчивость) и инерционное движение. Реализация этих стадий, взаимные переходы и интерференция зависят от соотношения между двумя временными масштабами – временем коллапса и временем выхолаживания.

Гриневич П.Г., Новиков Р.Г.

Преобразование Мутара для обобщенно-аналитических функций и теория рассеяния

Преобразования Дарбу как и преобразования Мутара достаточно широко использовались в теории солитонов, геометрии и спектральной теории операторов однако во всех известных примерах преобразование осуществлялось по "физическим" переменным. Мы развиваем преобразование Мутара для обобщенных аналитических функций с потенциальными приложениями к спектральной теории двумерного оператора Шредингера при одной энергии.

Демидова Т.В., Шевченко И.И.

Структуры в планетезимальных дисках

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

На начальных этапах эволюции молодые звезды, как одиночные, так и кратные, проходят стадию аккреции вещества из остатков околозвездной оболочки, образующих протопланетный диск. Со временем газопылевой диск теряет газовую составляющую, а пылинки слипаются и увеличиваются в размерах, оседая при этом к плоскости диска. К тому моменту, когда большая часть газа покидает диск, в нем формируются планетезимали (километровых размеров), из которых в дальнейшем образуются протопланеты. Поэтому в диске могут наблюдаться структурные неоднородности, которые свидетельствуют о присутствии в нем массивных тел. Используя модифицированный нами программный код Gadget-2, мы исследуем образование структур в планетезимальных дисках двойных и одиночных звезд, с планетами и без планет. Наши численные эксперименты показывают, что образующиеся структуры существенным образом зависят от конфигурации и параметров системы. В случае двойной звезды без планет, в циркумбинарном диске возникает однорукавная спираль. Она может разрушаться, если в диск вводится планета. Циркумбинарная планета двойной звезды, как и планета одиночной звезды, формирует кольцеобразную планетезимальную структуру вдоль своей орбиты; однако долговременная динамика планетезималей в этих кольцах у двойных и одиночных звезд различна. Таким образом, присутствие определенных структурных особенностей в планетезимальных дисках может свидетельствовать о наличии в диске массивных тел, или же о двойственности звезды. Тип неоднородности позволяет косвенно судить о конфигурации родительской системы.

**Доброхотов С.Ю., Миненков Д.С., Назайкинский В.Е.,
Тироцци Б.**

О формулах для заплеска на криволинейный берег длинных волн, порожденных локализованными источниками

С.Ю.Доброхотов, Д.С.Миненков, В.Е.Назайкинский, (Институт проблем механики РАН им. А.Ю. Ишлинского и Московский физико-технический институт, **Б.Тироцци** (CINFAI, Italy) E-mail: doobr@ipmnet.ru, minenkov.ds@gmail.com, nazay@ipmnet.ru, brunellotirozzi@gmail.com

Метод расчета заплеска длинных волн (в частности, волн цунами) в одномерном случае, основанный на известной работе Кариера -Гринспена для одномерных нелинейных уравнениях мелкой воды над линейным дном $D(x) = cx$ был предложен Е.Н. Пелиновским и Р.Х. Мазовой и затем был использован многими другими авторами. Мы рассматриваем аналогичную задачу в двумерной ситуации в предположении, что 1) волны описываются двумерной нелинейной системой уравнений мелкой воды, 2) волны порождаются локализованными (в сравнении с размером бассейна) источником, 3) у береговой линии производная от функции дна по нормали к ней не очень велика. Сначала с помощью модифицированного квазиклассического приближения и канонического оператора Маслова мы строим асимптотические решения линейной задачи. При этом береговая линия рассматривается как каустика специального типа; поэтому для построения асимптотики в ее окрестности вводятся специальные канонические (симплектические) координаты и используется формулы Фока, связывающие канонические преобразования и унитарные операторы, что позволяет записать асимптотику решения линейной задачи в окрестности берега с помощью преобразования типа преобразования Ханкеля. Затем, с учетом наличия разных масштабов волнового поля в окрестности береговой линии мы применяем «на физическом уровне строгости» одномерное преобразование Кариера –Гринспена, что дает формулы для описания волны в окрестности береговой линии, в том числе, формулы алгебраического вида для заплеска волны для источников специального вида.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-01-00521 и проекта RITMARE, CINFAI (Italy).

Дружинин О.А., Троицкая Ю.И.

Прямое численное моделирование турбулентного ветра, несущего мелкодисперсные капли, над взволнованной водной поверхностью

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, РФ

[*\(druzhinin@hydro.appl.sci-nnov.ru\)*](mailto:druzhinin@hydro.appl.sci-nnov.ru)

Одним из важнейших факторов, влияющих на процессы обмена импульсом в турбулентном воздушном погранслое над водной поверхностью, является наличие мелкодисперсных капель. Согласно данным натурных наблюдений, массовая доля морского аэрозоля растет с увеличением скорости ветра и может достигать десятков процентов. Поэтому учет влияния капель на воздушный поток над волнами может существенно влиять на параметризацию процессов турбулентного обмена в прогностических моделях климата.

В данной работе проводится прямое численное моделирование (DNS) воздушного турбулентного погранслоя над взволнованной водной поверхностью, несущего мелкодисперсные капли. Рассматривается двухмерная монохроматическая поверхностная волна, неизменяющаяся под действием ветра. Решаются полные, трехмерные уравнения Навье-Стокса для воздушного потока с учетом сил воздействия капель на поток в Эйлеровых координатах. Одновременно решаются уравнения движения капель в воздушном потоке в Лагранжевых координатах. Учет воздействия капель на воздушный поток осуществляется с помощью аппроксимации точечной силы (“point-force approximation”) с учетом поправок, обусловленных конечным числом Рейнольдса капли. Механизм инжекции и параметры капель в DNS задаются на основе имеющихся экспериментальных данных.

Результаты показывают, что флуктуации скорости и турбулентный поток импульса воздуха уменьшаются под воздействием капель. При этом средняя скорость ветра в погранслое увеличивается по сравнению с однофазным потоком. Подавление турбулентных флуктуаций и увеличение средней скорости ветра под действием капель растут с увеличением их массовой концентрации.

Дрюма В.С.

***Геометрические свойства системы уравнений Эйлера
несжимаемой жидкости***

Геометрические свойства системы уравнений Эйлера несжимаемой жидкости используются для построения новых примеров их точных решений.

Елаева М.С., Жуков М.Ю., Ширяева Е.В.

Задача Гурса и метод годографа

М.С.Елаева

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Email: mselaeva@fa.ru

М.Ю.Жуков

Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И.Воровича,
Южный Федеральный Университет
Email: zhuk@math.sdedu.ru

Е.В.Ширяева

Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И.Воровича,
Южный Федеральный Университет
Email: shir@math.sdedu.ru

Рассматривается задача массопереноса электрическим полем (зональный электрофорез). Математическая модель представляет собой систему двух квазилинейных гиперболических уравнений в частных производных первого порядка с кусочно-постоянными начальными данными в двух различных пространственных точках. В этом случае после распада начальных разрывов слабые разрывы (фронты волн разрежения) и сильные разрывы (ударные волны) взаимодействуют друг с другом. Возможны три типа взаимодействия: ударная волна и ударная волна, ударная волна и волна разрежения, волна разрежения и волна разрежения. В последнем случае возникает задача Гурса с начальными данными на характеристиках. Для решения этой задачи используется метод годографа. Строится линейная система с переменными коэффициентами, которая, с помощью условия разрешимости, преобразуется к одному линейному гиперболическому уравнению в частных производных второго порядка с переменными коэффициентами. Для последнего уравнения определена функция Римана-Грина, используя которую и записывается решение задачи Гурса в неявной аналитической форме. Численное решение получено для уравнений зонального электрофореза с разрывными начальными данными.

Ефимов В.

Энергетические спектры при четырех-волновом взаимодействии. Экспериментальные результаты в океанском бассейне

ИФТТ РАН, Черноголовка, Московская обл.

Эксперименты в океанском бассейне показали, что при распространении бегущих квазиодномерных гармонических гравитационных волн малой интенсивности ($h/\lambda \ll 1$), движущихся от волногенератора, возникает только трех-волновое взаимодействие обуславливающее поток энергии в высокочастотную часть спектра. Любое слабое отражение таких волн от всевозможных препятствий (как то держатели детекторов, волнопоглотителей и пр.) приводит к возникновению четырех-волнового взаимодействия. Развитое четырех-волновое взаимодействие приводит к накоплению энергии в гравитационной части спектра с «узким местом» в области минимальной скорости распространения волновых процессов – в области перехода от гравитационных волн к капиллярным.

Зубарев Н.М., Зубарева О.В.

***Точные решения задачи об отекании двумерного пузыря
плоским потоком жидкости***

Рассматривается задача о стационарной форме двумерного газового пузыря (области постоянного давления), обтекаемого плоским безвихревым потоком идеальной несжимаемой жидкости в плоском канале с учетом капиллярных сил. С использованием метода конформных отображений найдено однопараметрическое семейство точных решений задачи. Примечательно, что это семейство не включает в себя известное нуль-параметрическое решение Маклауда (1955), относящегося к случаю бесконечного расстояния между стенками и нулевого числа Бернулли. В соответствии с полученными решениями, пузырь деформируется в направлении, перпендикулярном потоку; отношение его поперечного и продольного размеров меняется от единицы (пузырь круглого сечения) до бесконечности. В последнем случае граница пузыря асимптотически приближаются к стенкам канала.

Камчатнов А.М.

Метод Уизема для возмущённого уравнения Кортевега - де Вриза

Институт спектроскопии РАН

Показано, что при выводе уравнений Уизема для возмущённого уравнения КдВ следует различать возмущения двух типов: неградиентные возмущения (то есть непредставимые в виде градиента некоторой функции), и градиентные возмущения. Неградиентные возмущения приводят к появлению правых частей в уравнениях Уизема, так что они становятся неоднородными, тогда как градиентные возмущения дают вклад в матрицу уиземовских скоростей, оставляя систему однородной. Показано, что в рамках теории возмущений градиентные возмущения типа «обобщённого уравнения КдВ» могут переводиться с требуемой точностью в градиентные с помощью замен зависимой переменной. В качестве примера показано, что стационарная структура ударной волны, описываемой уравнением КдВ с малой произвольной диссипацией, имеет универсальный характер. В такой волне не только скорость ударной волны определяется соотношением Рэнкина-Гюгонио, но также и амплитуда ведущего солитона не зависит от вида диссипативного члена и равна $3/2$ от амплитуды вдали от ударной волны.

Кислов Р.А., Малова Х.В., Васько И.Ю.

Модель магнитодиска Юпитера

Р.А. Кислов¹, Х.В. Малова^{1,2}, И.Ю. Васько^{1,2}

¹ *Институт космических исследований РАН*

² *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына,*

В рамках МГД приближения построена равновесная аксиально-симметричная модель магнитодиска Юпитера с учетом процессов коротации плазмы и влияния центробежной силы. Модель построена для двух случаев: 1) предполагается, что плазма магнитодиска имеет одинаковую температуру 2) предполагается адиабатическая зависимость плазменного давления от плотности. Получены аналитические выражения, описывающие распределения магнитного поля, плотности тока, температуры и толщины магнитодиска в зависимости от параметров системы: радиального распределения плазменного давления в экваториальной плоскости, величины поперечного магнитного поля в центре слоя и угловой скорости вращения плазмы.

Кляцкин В.И., Кошель К.В.

***О стохастическом механизме аномального
структурообразования на морской поверхности***

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия.

E-mail: klyatskin@yandex.ru

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
Владивосток, ³Россия. Дальневосточный федеральный университет, Владивосток,
Россия.

E-mail: kvkoshel@poi.dvo.ru

На основе идей статистической топографии, анализируется задача о стохастическом структурообразовании на морской поверхности (*волны убийцы* или *rogue waves*) в рамках замкнутого стохастического квазилинейного уравнения (*динамическое условие*) в кинематическом и диффузионном приближениях в предположении пространственной однородности и изотропности в пространстве и стационарности во времени стохастического поля скоростей [1].

Особенностью рассматриваемой задачи является возникновение параметрического возбуждения градиента взволнованной поверхности на фоне гауссовой накачки, которое и ведет к **кластеризации модуля градиента** [2], что, в свою очередь, и приводит к непосредственному структурообразованию смещения морской поверхности, которое, при этом, имеет гауссово распределение вероятностей, невзирая на нелинейность исходной задачи.

Показано, что в процессе структурообразования модуля градиента в малых пространственных областях, где сосредоточена вся статистика поля градиента, поле возвышения поверхности растет, достигая максимума, а затем начинает падать. Т.е. изучаемые структуры на поверхности жидкости имеют значительную величину, но ограничены, как по величине, так и по времени существования.

1. В. И. Кляцкин, *ТМФ*, **180**, 127 – 139, 2014.

2. V. I. Klyatskin, K. V. Koshel, *Phys. Rev. E.*, **91**, 063003-1 – 063003-12, 2015.

Конторович В.М.

***Разукрупнение (downsizing) с точки зрения модели слияний
(предварительное обсуждение)***

Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, Харьков, Украина
Радиоастрономический институт НАН Украины, Харьков, Украина
vkont@rian.kharkov.ua

В модели слияний галактик, построенной на основе кинетического уравнения Смолухов-ского, учитываются только процессы (парных) слияний, т.е. процессы с участием трех «частиц». При этом масса галактик может только расти. Наблюдения же последних лет на крупнейших телескопах, в первую очередь, на космическом телескопе имени Хаббла [1], показывают, что вслед за ростом максимальной массы (на самых больших красных смещениях) наступает ее уменьшение (downsizing), которое, казалось бы противоречит модели слияний. С другой стороны, как показывают расчеты, в том числе, проведенные в дифференциальном приближении [2], возникающая при тройных процессах «взрывная» эволюция приводит к неограниченному росту максимальной массы по мере приближения к моменту «взрыва». Конечные результаты требуют учета четырехчастичных процессов, вступающих в игру вблизи от взрывной особенности, и описывающих рассеяние с передачей массы. При этом существенную роль начинают играть процессы разукрупнения, при которых масса наиболее массивных галактик может уменьшаться. Рассмотрены простейшие модельные схемы, описывающие разукрупнение в дифференциальном приближении [3]. Получено точное решение квазилинейного уравнения Хопфа, описывающего подобный процесс. При этом происходит ограничение по массе взрывной эволюции, при котором максимальная масса убывает. Решение аналогично волне разрежения в гидродинамике. На этом пути предполагается дать объяснение наблюдаемому явлению «даунсайзинга», когда с течением времени возрастание характерной наибольшей массы сменяется ее убыванием.

1. R.J. Bouwens, G.D. Illingworth, M. Franx, and H. Ford, *Astrophys. J.* **670**, 928 (2007).
2. A.V. Kats, V.M. Kontorovich. *Astrophysical Bulletin* **68**, No. 3, P. 273-284 (2013); astro-ph/1309.0957.
3. V.M. Kontorovich. *ВАНТ*, №4 (98), стр. 157-160 (2015).

**Куркина О., Рувинская Е., Талипова Т., Куркин А.,
Пелиновский Е.**

Nonlinear disintegration of sine wave: Gardner framework

1) Nizhny Novgorod State Technical University na R. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

2) Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia

Nonlinear disintegration of sine wave is studied in the framework of the Gardner equation (extended version of the Korteweg – de Vries equation with both quadratic and cubic nonlinear terms). Undular bores are appeared here on intermediate stage. Our numerical computations demonstrate the features of undular bore developing for different signs of the cubic nonlinear term. If cubic nonlinear term is negative and initial wave amplitude is big, two undular bores are generated from the two breaking points formed on both crest slopes (within dispersionless Gardner equation). Undular bore consists from the one table soliton and a group of small soliton-like passed through the table soliton. If the cubic nonlinear term is positive and again the wave amplitude is big, the breaking points are appeared in crest and trough generating groups of positive and negative solitary-like pulses. It is shown that nonlinear interaction of waves goes to scenario of two-soliton interaction of “exchange” and “overtake” types with the phase shift. If small-amplitude pulses interact with large-amplitude soliton-like pulses, their speed in average is negative in the case when “free” velocity is positive. Nonlinear interaction leads to the generation of higher harmonics and spectrum width increase with amplitude increase regardless the sign of cubic nonlinear term. The breaking asymptotic $k^{-4/3}$ predicted within dispersionless Gardner equation possesses in process of undular bore developing. The formation of soliton-like perturbations leads to the several spectral peaks which are downshifting with times.

**Лозников В.М., Ерохин Н.С., Зольникова Н.Н.,
Михайловская Л.А.**

***Серфотронное доускорение протонов в плазме местных
межзвездных облаков***

Рассмотрен вопрос о переменности энергетических спектров космических лучей (КЛ) для протонов. Представлены результаты численных расчетов нелинейного уравнения, описывающего серфотронное ускорение протонов электромагнитными волнами в космической плазме, приведены оценки максимальных энергий частиц при их доускорении волной от начальных энергий порядка десятков ГэВ до энергии колена в спектре КЛ. Дан анализ благоприятных условий для реализации серфинга релятивистских протонов на электромагнитной волне в космической плазме. Обсуждены результаты анализа экспериментальных данных по потокам КЛ в диапазоне энергий от 10 ГэВ до ~ ТэВ и более. Предложено объяснение механизма возникновения наблюдаемых вариаций потоков протонов КЛ за счет их серфинга на квазипродольных волнах в местном (на расстоянии порядка парсека) межзвездном облаке (ММО) с характерной длиной доускорения порядка 0.1 парсека. При этом малая доля частиц с характерной энергией порядка десятка ГэВ ускоряясь до энергий ~ (сотен-тысяч) ТэВ и более создает существенные вариации потока КЛ на больших энергиях. Разработана аналитическая аппроксимация для экспериментальных спектров вариаций потоков КЛ степенного типа. Таким образом возникновение вариаций потоков КЛ обусловлено нестационарностью фоновой обстановки т.е. космической погодой в окрестности солнечной системы.

**Малова Х.В., Домрин В.И., Артемьев А.В.,
Кропоткин А.П.**

***Особенности формирования тонкого токового слоя в
хвосте Земной магнитосферы***

Малова Х. В.^{1,2}, Домрин В. И.¹, Артемьев А. В.², Кропоткин А. П.¹

¹ *НИИ ядерной физики МГУ им. Д.В. Скобельцына, Москва, Ленинские горы*

² *Институт Космических исследований РАН, Москва, Профсоюзная ул., 84/32*

E-mail: dmr@de1.sinp.msu.ru

Рассмотрен процесс самосогласованного формирования тонкого токового слоя, толщиной порядка ионного ларморовского радиуса, когда нормальная компонента магнитного поля B_n уменьшается со временем. Подобное поведение характерно для токового слоя хвоста магнитосферы Земли во время геомагнитных суббурь. Показано, что в рамках численной модели токового слоя, основанной на методе крупных частиц, возникновение самосогласованной компоненты электрического поля E_y в окрестности токового слоя может приводить к его значительному утоньшению и, в конечном счете, к формированию многомасштабной конфигурации, в центре которой находится тонкий токовый слой, поддерживаемый пролетными частицами. Структура полученного равновесия определяется начальными параметрами модели и динамикой частиц в процессе сжатия слоя. Дрейф частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях при определенных условиях приводит к захвату их значительной части вблизи нейтрального слоя и, таким образом, к формированию более широкой конфигурации с вложенным внутри тонким токовым слоем. Популяция захваченных частиц создает диамагнитные отрицательные токи, которые на профилях плотности тока проявляются в виде «отрицательных крыльев» на периферии слоя. В соответствии с этим, в перпендикулярном к слою направлении появляется немонотонная зависимость магнитного поля от координаты. Предложены механизмы эволюции токового слоя в хвосте магнитосферы Земли и формирования его многомасштабности.

Никитенкова С.П., Сингх Н.Н., Степанянц Ю.А.

Модуляционная неустойчивость длинных квазимонохроматических волн во вращающемся океане

¹*Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Russia*

²*University of Southern Queensland, West St., Toowoomba, QLD, 4350,*

Australia ³*Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russia*

На примере длинных волн во вращающейся жидкости рассматривается общая проблема модуляционной устойчивости/неустойчивости слабонелинейных квазимонохроматических волн в средах с двойной дисперсией, проявляющейся в области как малых, так и больших масштабов. Проанализированы результаты, полученные разными авторами в рамках приближённых уравнений, показана их ограниченность и установлены рамки применимости. Найдены границы переходов от устойчивости к неустойчивости. Применительно к волнам на воде, установлено, что в пределе очень больших и умеренных масштабов (длин волн) вплоть до некоторого критического волнового числа модуляционная неустойчивость отсутствует. Выше критического волнового числа появляется область модуляционной неустойчивости в ограниченном диапазоне волновых чисел, которая затем сменяется снова областью устойчивости в области малых масштабов. Анализ областей неустойчивости выполнен на основе нелинейного уравнения Шредингера и вытекающего из него критерия Лайтхилла.

Оладышкин И.В., Миронов В.А., Фадеев Д.А.

Диагностика рассеяния электронов в металлах по терагерцовому отклику на фемтосекундные лазерные импульсы

Институт прикладной физики РАН, 603950, Нижний Новгород, Россия
e-mail: oladyshkin@gmail.com

На основе теоретического исследования оптико-терагерцовой конверсии на поверхности металлов предложен новый метод экспериментального определения характеристик рассеяния электронов. Показано, что измерение зависимости энергии терагерцового сигнала от энергии лазерного импульса позволяет определить температурную зависимость частоты электронных столкновений, а также восстановить динамику процессов нагрева и теплопереноса.

Экспериментальные данные по оптико-терагерцовой конверсии на поверхности металла проанализированы с точки зрения диагностики, объяснена экспоненциальная зависимость эффективности генерации от энергии оптического импульса. Показано, что уже при воздействии на металлы фемтосекундных лазерных импульсов умеренной интенсивности (5-10 мДж/см²) начинает преобладать электрон-электронный механизм рассеяния. По имеющимся экспериментальным кривым выполнены оценки параметров рассеяния электронов и проведено сопоставление с данными других методов.

Пелиновский Е.Н., Шургалина Е.Г., Слюняев А.В.

Волны-убийцы в солитонном газе

Институт прикладной физики РАН,
Нижегородский технический университет

Солитоны являются неотъемлемой частью волнового поля на мелкой воде, и они выделяются на записях нерегулярных ветровых волн. Солитонная турбулентность является специфической в теории волновой турбулентности, и кинетические уравнения здесь пишутся не для спектральных компонент, а для параметров солитонов в ассоциированной задаче метода теории рассеяния. При этом, как было показано еще в 1971 году Захаровым основную роль во взаимодействии солитонов играют парные столкновения. Недавно нами были выполнены прямые расчеты динамики большого числа случайных солитонов в рамках уравнения Кортевега-де Вриза, позволившие вычислить статистические моменты волнового поля и функции распределения амплитуд. Изменения статистических моментов волнового поля хорошо объясняются особенностями двухволнового взаимодействия солитонов. В солитонном КдВ-газе не обнаруживаются большие выбросы, что связано опять же с особенностями двухсолитонного взаимодействия.

Иная ситуация реализуется для модифицированного уравнения Кортевега-де Вриза и уравнения Гарднера с положительной кубической нелинейностью. Уже взаимодействие двух солитонов приводит к интереснейшим особенностям, в частности, взаимодействие двух солитонов разного знака приводит к появлению большого (по сравнению с первоначальными) импульса, что приводит к сильному изменению интегральных характеристик солитонного поля. Численное моделирование случайного ансамбля разнополярного солитонного газа в рамках модифицированного уравнения Кортевега-де Вриза показало, что в таком солитонном газе возникают аномально большие волны – волны-убийцы. Характеристики таких волн будут обсуждаться в докладе. Интересным представляется связь с эффектом модуляционной неустойчивости. Обычно она изучается для квазимонохроматических волновых пакетов. Между тем, уже давно было показано, что модуляционная неустойчивость возможна и для кноидальных волн в модифицированном уравнении Кортевега-де Вриза, а следовательно и для последовательности солитонов. На наш взгляд, образование волн-убийц в солитонном газе связано с эффектом модуляционной неустойчивости, хотя этот вопрос еще не до конца изучен.

Попова Е.А., Шевченко И.И.

Численное и аналитическое описание устойчивости циркумбинарных планетных систем

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Рассмотрена динамика открытых к настоящему времени циркумбинарных планетных систем (систем, в которых планеты обращаются вокруг центральной двойной) с малым отношением масс двойной. Путем массовых численных экспериментов выявлены области хаотического движения на плоскости начальных условий «перицентрическое расстояние — эксцентриситет» планетных орбит. Исходя из аналитического критерия хаотичности планетных орбит в двойных звездных системах (И.И.Шевченко, 2015), построены теоретические кривые, описывающие глобальную границу области динамического хаоса вокруг центральной двойной для каждой из систем. Кроме того, на основе теории Мардлинг (2008), описывающей отдельные резонансные «зубцы» (соответствующие целым резонансам между орбитальными периодами планеты и двойной), построены локальные границы хаоса. Показано, что теоретические кривые (как для глобальной границы, так и для локальных границ) дают удовлетворительное описание диаграмм устойчивости, построенных путем численного интегрирования уравнений движения в рамках плоской ограниченной задачи трех тел. Однако в случае описания локальных границ зубцы, соответствующие резонансам низких порядков, у некоторых циркумбинарных систем оказываются несколько смещенными относительно своих номинальных положений, что объясняется необходимостью учета начальных взаимных ориентаций орбит и учета начального положения планеты на орбите.

Потапов А.А., Рассадин А.Э.

Об обобщённых соотношениях неопределённостей в квантовой механике

А.А. Потапов

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва, Россия

E-mail: potapov@cplire.ru

А. Э. Рассадин

НРО РНТОРЭС им. А. С. Попова, Нижний Новгород, Россия

E-mail: brat_ras@list.ru

В предлагаемом докладе аналогии между рядом задач радиофизики и квантовой механики, указанные авторами в работах [1-4], развиваются дальше, а именно, обобщённые соотношения неопределённостей (ОСН) [5] для радиотехнических сигналов переформулированы на квантовомеханическом языке и применены к решению одномерного уравнения Шрёдингера (УШ) для свободной частицы массы m .

Доказано, что решение УШ $\psi(x, t)$ (в системе единиц $\hbar = 1$) удовлетворяет неравенству:

$$\int_{-x_1}^{+x_1} |\psi(x, t)|^2 \cdot dx \leq \cos^2 \left[\arccos \sqrt{\lambda_0 \left(\frac{m \cdot x_0 \cdot x_1}{t} \right)} - \arccos \sqrt{\int_{-x_0}^{+x_0} |\psi_0(x)|^2 \cdot dx} \right], \quad (1)$$

где $\psi_0(x)$ — начальная волновая функция частицы, числа $x_0 > 0$ и $x_1 > 0$ — произвольные, а λ_0 — максимальное собственное значение интегрального уравнения для функций с двойной ортогональностью [5]:

$$\int_{-1}^{+1} \frac{\sin[c \cdot (x - \xi)]}{\pi \cdot (x - \xi)} \cdot f(\xi) \cdot d\xi = \lambda(c) \cdot f(x). \quad (2)$$

ОСН типа (1) для свободной частицы только в координатном представлении существуют и для движения в однородном поле, и для гармонического осциллятора (в том числе с переменной частотой и под действием переменной внешней силы). При обобщении теории функций с двойной ортогональностью (2) ОСН могут быть распространены на случай двух и трёх измерений, в том числе на круговые, цилиндрические и шаровые области.

1. Potapov A.A., Rassadin A.E. Feynman Integrals, Fractal Paradigm and New Point of View on Hydroacoustics // Eurasian Physical Technical Journal. 2015. V. 12. № 1(23). – P. 3 – 13.

2. Потапов А.А., Рассадин А.Э. Интегралы Фейнмана как связующее звено между радиотехникой, фрактальной парадигмой и квантовой механикой // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2015. Т. 18. № 3. – С. 81-88.

3. Potapov A.A., Rassadin A.E. Feynmanons in the Korteweg-de Vries equation // Book of abstracts of International Conference-School “Infinite-dimensional dynamics, dissipative systems, and attractors” (Nizhny Novgorod, Russia, July 13-17, 2015) p. 28-29.

4. Потапов А. А., Рассадин А. Э. Теорема Котельникова, квантовая механика и оптика // 5-я Всероссийская конференция (с международным участием) «Радиоэлектронные средства получения, обработки и визуализации информации»: доклады. – Москва: 2015. – С.161–166.

5. Хургин Я. И., Яковлев В. П. Фinitные функции в физике и технике. — М.: Наука, 1971. – 408 с.: ил.

Рубан В.П.

Гауссов вариационный анзац в проблеме аномальных морских волн: сравнение с прямым численным моделированием

ЖЭТФ 147(5), 1068-1076 (2015).

Нелинейная динамика косо ориентированного пакета волн на морской поверхности исследуется аналитически и численно для различных начальных значений параметров пакета в связи с проблемой т. н. волн-убийц (rogue waves). В рамках гауссова вариационного анзаца, примененного к соответствующему $(1+2D)$ -мерному гиперболическому нелинейному уравнению Шредингера, выведена упрощенная лагранжева система дифференциальных уравнений, описывающая эволюцию коэффициентов действительной и мнимой квадратичных форм, присутствующих в гауссиане. Эта модель дает полуколичественное описание процесса нелинейной пространственно-временной фокусировки --- одного из наиболее вероятных механизмов формирования аномальных волн в случайных волновых полях. Система интегрируется в квадратурах, что позволяет лучше понять качественные различия между линейным и нелинейным режимами фокусировки волнового пакета. Проводится сравнение предсказаний гауссовой модели с результатами прямого численного моделирования полностью нелинейных длинногребневых волн.

Рыжов Е.А., Кошель К.В.

Глобальная хаотизация траекторий жидких частиц в двухслойной модели поля скоростей, индуцированном двумя вихрями в деформационном фоновом потоке

¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
Владивосток, Россия.

²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия.
E-mail: kvkoshel@poi.dvo.ru

В двухслойном квазигеострофическом приближении рассматривается нерегулярная динамика частиц в поле скоростей индуцированном двумя точечными вихрями, взаимодействующими с фоновым потоком, состоящим из сдвиговой и вращательной компонент. Точечные вихри индуцирует сингулярное поле скорости в слое, в котором они расположены. Однако, в другом слое они индуцируют регулярное поле скорости, которое может приводить к сильной хаотизации траекторий жидких частиц. Если вихри расположить в стационарных точках, то получаем три типа фазовых портретов для частиц. Мы изучаем хаотизации частиц для каждого типа фазового портрета, при малом возмущении, состоящем в небольшом отклонении вихрей от стационарных положений. В работе проведен полный анализ стационарных фазовых портретов, включая анализ частот оборота частиц вокруг эллиптических точек. В том числе аналитически получены частоты колебаний в малых окрестностях эллиптических точек, как для вихрей, так и для частиц. С помощью сравнения частот оборота жидких частиц и вихрей выделены области параметров, соответствующие эффективной хаотизации траекторий частиц. Показано, что, если центральная особая точка на фазовом портрете для жидких частиц эллиптическая, в ее окрестности движение жидких частиц регулярное. Изменение типа центральной особой точки резко повышает степень хаотизации траекторий в ее окрестности. Условия на тип центральной особой точки, также получены с помощью асимптотических выражений для частот оборота.

Рылов Ю.А.

Обратная задача Маделунга

Институт проблем Механики РАН

В 1926 году Маделунг показал, что уравнение Шредингера может быть представлено как система уравнений классической газовой динамики для потенциального течения газа. Обратная задача (получение уравнения Шредингера из классических уравнений газовой динамики) не была решена в течение всего двадцатого века. Это было связано с необходимостью экзотического интегрирования уравнений газовой динамики, сопровождающегося введением комплексного потенциала (волновой функции). Было найдено такое взаимодействие между молекулами бесстолкновительного газа. Что классические динамические уравнения для этого газа совпадают с уравнением Клейна – Гордона. При этом уравнение Шредингера является нерелятивистским приближением этого уравнения.

Литература:

1. E Madelung, *Z. Phys* . **40**, 322 – 326, (1926).

Сулейманов Б.И.

Некоторые особенности изгибаний сильно сжатого стержня

Институт Математики с ВЦ

Динамические уравнения изгибаний сильно сжатого стержня после растяжения временной переменной принимают вид возмущения двумерного уравнения Лапласа с малой дисперсией (с малым при большой сжимающей силе параметром при старшей производной). Рассматривается вопрос о сглаживающем влиянии малой дисперсии на стандартные асимптотические решения этого динамического уравнения в окрестностях точек сингулярностей их главных членов, являющихся решениями уравнений Лапласа.

Филатов С.В., Бражников М.Ю., Левченко М.Ю.

Формирование вихревого течения волнами на поверхности жидкости

Институт физики твёрдого тела РАН

Экспериментально исследовано формирование вихревого течения в сосуде с жидкостью, совершающем гармонические колебания в вертикальном направлении. Установлено, что в цилиндрическом сосуде вихревое течение не наблюдается до тех пор, пока амплитуда колебаний не превышает порогового значения, при котором развивается параметрическая неустойчивость Фарадея и на поверхности появляются азимутальные моды. В квадратном сосуде и в цилиндрическом сосуде с нарушенной симметрией вихри наблюдаются при амплитудах ниже порога параметрической неустойчивости. Предполагается, что формирование вихревого течения обусловлено взаимодействием распространяющихся под углом друг к другу поверхностных волн.

Чаликов Д.

Малоизвестные свойства поверхностных волн

Санкт-Петербургский филиал Института океанологии им. П. П. Ширшова.

Swinburne University of Technology, Victoria 3122, Australia

Тел. +7 8132 230 7293, e-mail: dmitry-chalikov@yandex.ru

Численные 2-D и 3-D модели поверхностных волн позволили воспроизвести и подтвердить большинство фактов исследованных экспериментально и аналитически. Вместе с тем детальное моделирование обнаружило новые закономерности, не укладывающиеся в рамки традиционных представлений. Доклад посвящен краткому качественному анализу этих результатов.

(1) Решение для гравитационно-капиллярных волн не сходится к решению для гравитационных волн при стремлении коэффициента поверхностного натяжения к нулю. (2) Гармонические волны быстро приобретают окаймляющие (bound) моды и превращаются в среднем в волны Стокса. (3) Фурье анализ точных решений показывает, что реальное поле является скорее суперпозицией волн Стокса с разными амплитудами и фазами, чем суперпозиция линейных мод. (4) Волновое поле как совокупность волн Стокса, может быть задано как суперпозиция линейных мод в верхней конформной системе координат, перенесённая в декартовы координаты с помощью точной периодической интерполяции. (5) Существует предельное разрешение волнового спектра. Использование более высокой дискретизации влечёт за собой появление артефактов. (6) Волновое поле есть результат суперпозиции неустойчивых мод, амплитуды которых быстро флуктуируют во времени под влиянием обратимых взаимодействий. При этом волны могут обрушиваться, так что обратимые взаимодействия превращаются в необратимые. (7) Развитие экстремальных волн происходит за время порядка одного периода волны. Такая быстрая эволюция не может объясняться теорией модуляционной неустойчивости. (8) Расчёт вероятности экстремальных волн по линейной модели даёт результаты близкие к расчётам по нелинейной модели. Поэтому роль нелинейности в генерации экстремальных волн, видимо, невелика. (9) При совпадении волновых гребней происходит быстрое нелинейное взаимодействие волн, ведущее к резкому увеличению суммарной волны и вероятному опрокидыванию. (10) Изрезанность двумерного волнового спектра с высоким разрешением (наличие стационарных пиков и впадин) является типичным результатом прямого моделирования волн. (11) Результаты численного моделирования существенно зависят от тонких деталей начальных условий, Поэтому статистически обеспеченные результаты должны быть получены ансамблевым моделированием. Такое моделирование, в частности, не подтверждает справедливость теории Хассельманна.

Чефранов С.Г., Чефранов А.Г.

***Линейная неустойчивость течений Хагена-Пуазейля,
плоского течения Куэтта и плоского течения Пуазейля***

(ИФА РАН, Восточно-Средиземноморский университет, Северный Кипр)
schefranov@mail.ru Alexander.chefranov@emu.edu.tr

Линейная теория гидродинамической устойчивости для течения Хагена– Пуазейля (ХП)) приводит к выводу о неограниченно большой пороговой величине числа Рейнольдса Re . Соответствующее противоречие с данными наблюдений в настоящее время обходят, предполагая, что неустойчивость течения ХП имеет жесткий характер и осуществляется только для возмущений имеющих конечную достаточно большую амплитуду. Эволюцию возмущений течения ХП рассматривают в рамках нелинейной теории гидродинамической устойчивости. Аналогичная ситуация имеет место и для плоского течения Куэтта (ПК). Для плоского течения Пуазейля (ПП) линейная теория уже лишь количественно не согласуется с данными экспериментальных наблюдений, определяя пороговое число Рейнольдса $Re=5772$ (S. A. Orszag, 1971), которое намного превышает наблюдаемое значение $Re=1080$ (S. J. Davies, C. M. White, 1928).

В настоящей работе показано, что указанные выводы линейной теории об устойчивости для течений ХП и ПК при любых числах Рейнольдса и явно завышенное значение порогового числа Рейнольдса для течения ПП связаны с традиционным использованием представления поля возмущений, предполагающего возможность разделения продольной (вдоль направления течения) переменной от других пространственных переменных. Установлено, что при отказе от упомянутой традиционной нормальной формы представления возмущений могут быть получены выводы и о линейной неустойчивости для течений ХП и ПК при конечных числах Рейнольдса (для течения ХП при $Re>704$, а для течения ПК при $Re>140$). Приведено в соответствие и вывода линейной теории устойчивости для течения ПП с экспериментом (приводя уже к оценке порогового числа Рейнольдса $Re=1040$).

Полученные результаты в рамках новой линейной теории гидродинамической устойчивости опубликованы в следующих статьях.

1. С.Г. Чефранов, А.Г. Чефранов, ЖЭТФ, т.146, 373- 383, 2014
2. С.Г. Чефранов, А.Г. Чефранов, ДАН, т.463, №3, 290- 296, 2015
3. S.G. Chefranov, A. G. Chefranov, arXiv: 1509.08910 [physics.flu-dyn]v1 29 Sep 2015

Шамин Р.В., Юдин А.В., Кузнецов К.И.

Кинематические модели возникновения волн-убийц

В докладе будут представлены результаты о кинематическом и стохастическом моделировании процессов концентрации энергии в цуге поверхностных волн. Показано, что волны-убийцы представляют собой внезапное увеличение локальной концентрации энергии.

Ильин А.С., Сирота В.А., Зыбин К.П.

Сепарация лагранжевых траекторий в гладком поле скоростей

В работе решена задача о линейной сепарации жидких частиц в гладком негауссовом поле скоростей. Получены аналитические выражения для корреляционных функций оператора эволюции, в частности подробно исследован негауссов спектр Ляпунова.

Павлов М.

Обобщенное многомерное уравнение Хохлова-Заболоцкой

Построено точное решение, зависящее от одной произвольной функции одного аргумента для произвольной степени нелинейности и для любого числа измерений в операторе Лапласа.

Агафонцев Д.С., Захаров В.Е.

Интегрируемая турбулентность из модуляционной неустойчивости кноидальных волн

Мы исследуем численно нелинейную фазу модуляционной неустойчивости кноидальных волн в рамках фокусирующего одномерного нелинейного уравнения Шредингера (НУШ). Кноидальные волны являются точными периодическими решениями НУШ, которые могут быть представлены как решетка перекрывающихся солитонов. Модуляционная неустойчивость этих решеток приводит к развитию "интегрируемой турбулентности" [Zakharov V.E., Stud. Appl. Math. 122, 219-234 (2009)]. Мы исследуем основные характеристики турбулентности и показываем что эти характеристики существенно зависят от степени перекрытия между солитонами внутри кноидальной волны.

Интегрируемая турбулентность, которая развивается из модуляционной неустойчивости кноидальных волн, асимптотически приближается к своему стационарному состоянию осцилляторным образом. Во время этого процесса кинетическая и потенциальная энергии осциллируют вокруг своих асимптотических значений. Амплитуды этих осцилляций убывают со временем как t^{-a} , $1 < a < 1.5$, фазы содержат нелинейный сдвиг фаз убывающий как $t^{-1/2}$, и частота осцилляций равна удвоенному максимальному инкременту модуляционной неустойчивости $s = 2G$. В асимптотическом стационарном состоянии отношение потенциальной энергии к кинетической равно -2. Асимптотическая функция плотности вероятности для амплитуд волн близка к Рэлеевскому распределению для кноидальных волн с сильным перекрытием солитонов, и является существенно не-Рэлеевской для слабого перекрытия солитонов. В последнем случае динамика системы сводится к двух-солитонным соударениям, которые случаются с экспоненциально малой частотой и дают двукратный рост амплитуды по сравнению с оригинальной кноидальной волной.

Дьяченко А.И., Качулин Д.И., Захаров В.Е.

Компактные уравнения для волн на воде: временное и пространственное

Представлено каноническое преобразование для уравнения для волн на глубокой воде, которое позволило весьма существенно упростить само уравнение и его гамильтониан. Это суперкомпактное уравнение позволило получить пространственное уравнение для волн на воде, которое описывает реальные эксперименты в лабораторных бассейнах. В отличие от предыдущих работ по выводу пространственного уравнения, мы получили уравнение не на огибающую волнового пакета, а динамическое нелинейное уравнение, которое может применяться для моделирования опрокидывания волн в лабораторных бассейнах. Проведены численные эксперименты по моделированию образования волны-убийцы и её последующему опрокидыванию.