

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ
И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(29—30 октября 1986 г.)

29 и 30 октября 1986 г. в Институте физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады;

29 октября

1. А. В. Гапонов-Грехов, М. И. Рабинович. Нелинейная динамика неравновесных сред: структуры и турбулентность.

2. Ф. В. Бункин, Н. А. Кириченко, Б. С. Лукьянчук. Структуры при лазерном окислении металлов.

30 октября

3. Г. М. Заславский, Р. З. Сагдеев, Д. А. Усиков, А. А. Черников. Стохастическая паутина и генерация структур.

4. Д. Л. Шепелянский. Квантовый хаос: диффузионный фото-эффект в водороде.

5. Г. П. Берман. О некоторых свойствах квантового хаоса.

Краткое содержание докладов приводится ниже.

532.517.4(048)

А.В.Гапонов-Грехов, М.И.Рабинович. Нелинейная динамика неравновесных сред: структуры и турбулентность. Нетрадиционность задач современной динамической теории нелинейных неравновесных сред связана, в первую очередь, с явлениями структурообразования и пространственного развития турбулентности. Исследования этих и близких явлений требуют выработки новых моделей, методов и, что не менее важно, адекватных образов и понятий, общих для неравновесных сред произвольной природы. В докладе обсуждаются теоретические и экспериментальные результаты в следующих направлениях (они представляются сейчас наиболее важными); самозарождение и формирование в изначально однородных средах устойчивых локализованных образований — «автоструктур»^{1,4}, превращение одних структур в другие при изменении параметров среды — «бифуркации пространственных образов»; хаотическая динамика ансамблей структур и переход к турбулентности — «структурная турбулентность», решеточные модели⁵⁻⁸; возникновение и развитие турбулентности (динамического хаоса) в потоковых системах — «пространственные бифуркации»⁹; моделирование процессов роста структур в возбудимых средах — «пространственное саморазвитие (самостройка) структур»^{10,11}.

При исследовании автоструктур основное внимание уделяется рассмотрению механизмов их пространственной локализации и формообразования. На примере термокапиллярной конвекции в плоском слое с локализованным подогревом показывается, что возникновение нетривиальных уединенных структур — правильных многогранников (в частности, шестигранных ячеек) определяется дополнительной нелинейностью, связанной с зависимостью поверхностного натяжения (или вязкости) от температуры³. На основе уравнений Буссинеска построена модель, качественно правильно описывающая наблюдаемые структуры при небольшой подкритичности. Для решения самосогласованной задачи предложена двумерная модель среды с тепловыделением, следующая из уравнений гидродинамики, в рамках которой

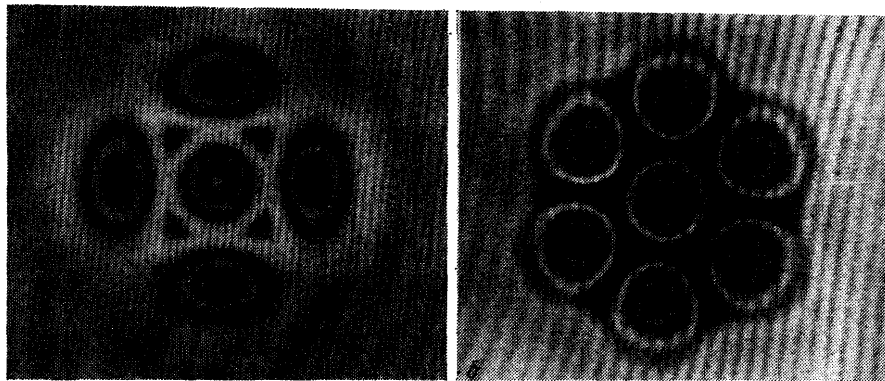


Рис. 1. Автоструктуры в виде многогранников в системе

$$\frac{\partial u}{\partial t} = [(v - \alpha) - (1 + \nabla^2)^2] u + \beta u^2 - u^3, \quad \mu \frac{\partial v}{\partial t} = v - \delta v^3 + \gamma u + D \Delta u.$$

Значения параметров: $-\alpha = 0,3$, $\mu = 0,05$; $\gamma = 0,15$, $D = 0,3$, $\beta = 1,5$, $\delta = 4$. *a* — Четырехгранник (начальное возбуждение $u(r_0, t_0) = 0,75$ задано внутри круга радиусом $R < 7,0$). *б* — Шестигранник (начальное возбуждение задано в круге $R > 8,5$)

обнаружены (численно) уединенные автоструктуры в виде шестигранников и четырехгранников (рис. 1)⁴.

Бифуркации пространственных образов исследуются на примере задачи о рождении источников спиральных волн (ревербераторов). Показано², что универсальность наблюдаемых в самых различных ситуациях двумерных локализованных спиральных структур связана с общими топологическими свойствами некоторой функции $H_{t_0}(x, y)$ (например, для двухкомпонентной автокаталитической реакции H — это отношение концентраций компонент). Различным структурам двумерного поля ставятся в соответствие слоения функции H . Рождению новой структуры отвечает переход от одной топологии слоений к другой. Появление в однородной среде источников спиральных вихрей происходит в тех точках пространства, где концентрации компонент локально обращаются в нуль (рис. 2).

Как правило, в неравновесных средах наблюдаются не уединенные автоструктуры, а ансамбли таких структур. По мере увеличения степени неравновесности среды (например, числа Рэлея при термоконвекции) регулярная динамика ансамбля структур сменяется хаотической — рождается турбулентность. Возникновение подобной — структурной — турбулентности обнаружено и исследовано в двумерных средах, параметрически возбуждаемых однородной накачкой. На примере ряби Фарадея показано^{5,6}, что возникновение хаоса на фоне регулярной структуры ряби связано с развитием квазипериодической поперечной модуляции, переходящей через перемежаемость

в стохастическую. Получено уравнение — параметрический вариант уравнения Гинзбурга — Ландау *):

$$\frac{\partial a}{\partial t} = iha^* - \gamma a - i\delta a + iTa|a|^2 - \frac{v_{\text{гп}}}{2ik} \frac{\partial^2 a}{\partial y^2},$$

на основе которого описаны все основные переходы к хаосу в подобной системе ⁶.

Возможность самозарождения и развития турбулентности динамического происхождения в потоковых системах (например, гидродинамических сдвиговых течениях) демонстрируется на моделях, представляющих собой цепочку последовательно связанных структур (в частности, вихрей) ⁹. С помощью ренормгруппового описания ¹³ показано, что появлению хаоса (рождению странного аттрактора) вниз по потоку предшествует конечное число пространственных бифуркаций — перестроек регулярной динамики течения. Обсуждается связь сценариев пространственного развития турбулентности с динамикой элементарных структур, составляющих течение. Оценен

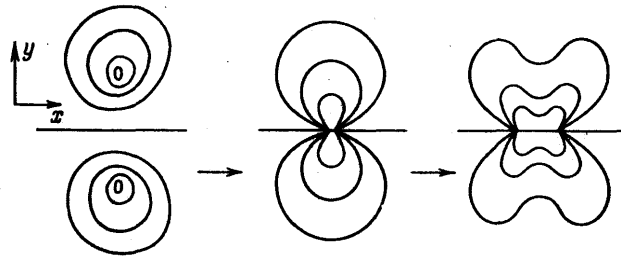


Рис. 2. Рождение спиральных пар по мере увеличения надкритичности (уменьшении диффузии) в модели Гинзбурга — Ландау:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = u[1 - (1 + i\beta)|u|^2] + e(1 - ic)\Delta u$$

рост размерности стохастического множества вниз по потоку, обнаружен эффект стабилизации пространственного развития хаоса, чему соответствует насыщение размерности странного аттрактора. Этот эффект связан с синхронизацией стохастических движений в соседних структурах ¹⁴.

Особый класс неравновесных сред представляет так называемые возбудимые среды, которые имеют конечный порог неустойчивости. Для процессов структурообразования в подобных средах наиболее характерно «саморазвитие» (самодостройка) структур в пространстве. Обсуждаются новые, обнаруженные при моделировании таких сред на «ТВ-аналоге» ¹⁰ и «клеточном компьютере» ¹¹ эффекты — сосуществование локализованных возбуждений; мультистабильность; развитие пространственно неупорядоченных структур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И. // Физика XX века: Развитие и перспектива. — М., Наука, 1984. — С. 219.
2. Арансон И. С., Рабинович М. И. // Изв. вузов. Сер. «Радиофизика». 1986. Т. 29. № 12.
3. Вашкевич О. В., Гапонов-Грехов А. В., Езерский А. Б., Рабинович М. И. // ДАН СССР. 1986.
4. Гапонов-Грехов А. В., Ломов А. С., Рабинович М. И. // Письма ЖЭТФ. 1986. Т. 44. С. 242.
5. Езерский А. Б., Коротин П. И., Рабинович М. И. // Ibidem. 1985. Т. 41. С. 129.
6. Езерский А. Б., Рабинович М. И., Реутов В. П., Старобинцев И. М. // ЖЭТФ. 1986. Т. 91. С. 2070.

*) Заметим здесь, что уравнение Гинзбурга — Ландау и его различные обобщения играют фундаментальную роль в нелинейной динамике неравновесных сред ².

7. Арансон И. С., Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И.// ЖЭТФ. 1985. Т. 89. С. 92.
8. Арансон И. С., Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И., Рогальский А. В., Сагдеев Р. З. Решеточные модели в нелинейной динамике неравновесных сред: Препринт ИПФ АН СССР.— Горький, 1986.
9. Арансон И. С., Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И., Старобинец И. М.//ЖЭТФ. 1986. Т. 90. С. 1707.
10. Голубев В. Н. и др.//Письма ЖЭТФ. 1985.
11. Голубев В. Н., Рабинович М. И., Толков В. Н., Яхно В. Г.//Биомолекулярная электроника.— Пущино, 1986.
12. Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И.//Изв. вузов. Сер. «Радиофизика». 1987. Т. 30. № 4.
13. Арансон И. С., Рабинович М. И. Ренормгрупповое описание пространственного развития турбулентности: Препринт ИПФ АН СССР № 152.— 1986.
14. Афраимович В. С., Веричев Н. Н., Рабинович М. И.//Изв. вузов. Сер. «Радиофизика». 1986. Т. 29.