

НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ В ТЕОРИИ САМООРГАНИЗАЦИИ

Доцент Нефедченко В.Ф., доцент Юнда А.Н.

Исследование многих проблем физики, химии, биологии и т.д. инициировало детальное изучение нелинейных уравнений. Одной из важных особенностей поведения нелинейных систем оказалось существование явлений самоорганизации, пространственно-временного упорядочения. С формальной точки зрения самоорганизация отвечает наличию в фазовом пространстве изучаемых систем аттракторов - притягивающих (асимптотически устойчивых) множеств. По характеру выполняемых работ исследования явлений самоорганизации можно условно разбить на два больших класса: 1) формальные исследования отдельных нелинейных задач и их обобщение; 2) изучение динамики процессов в конкретных системах. При этом методы и результаты формальных исследований используются при анализе конкретных систем. В свою очередь, специфические подходы, разрабатываемые применительно к конкретным системам, интерпретация содержания уравнений и возможность экспериментального моделирования оказываются полезным при изучении ряда нелинейных краевых задач.

Как уже отмечалось, для нелинейных систем характерны явления самоорганизации, с математической точки зрения определяемые аттракторами в фазовом пространстве. Однако существует иной тип самоорганизации, возникающий на промежуточной стадии эволюции системы. Оказывается, для многих систем характерно наличие неустойчивых структур, которые, тем не менее, обладают достаточно широкой областью

притяжения (по начальным условиям) и большим временем жизни.

Все системы содержат подсистемы, которые непрерывно флуктуируют. Иногда отдельная флуктуация или комбинация флуктуаций может стать настолько сильной, что существовавшая прежде организация не выдерживает и разрушается. В этот переломный момент (который называют особой точкой или точкой бифуркации) принципиально невозможно предсказать, в каком направлении будет происходить дальнейшее развитие. Станет ли состояние хаотическим или система перейдет на новый, более дифференцированный и более высокий уровень упорядоченности или организации, который называют диссипативной структурой. Есть возможность спонтанного возникновения порядка и организации из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации.

В завершение приведем несколько хорошо известных примеров самоорганизации. Давно известно, что при определенной скорости ламинарное течение может смениться турбулентным. Переход от ламинарного течения к турбулентности является процессом самоорганизации. Часть энергии системы, которая в ламинарном течении находилась в тепловом движении молекул, переходит в макроскопическое организованное движение.

Еще одним поразительным примером неустойчивости стационарного состояния, приводящей к явлению спонтанной самоорганизации, может служить так называемая неустойчивость Бенара. Она возникает в горизонтальном слое жидкости с вертикальным градиентом температуры. Нижняя поверхность слоя жидкости нагревается до заданной температуры, более высокой, чем температура верхней поверхности. При таких

граничных условиях в слое жидкости устанавливается стационарный поток тепла, идущий снизу вверх. Когда приложенный градиент температуры достигает некоторого порогового значения, состояние покоя жидкости (стационарное состояние, в котором перенос тепла осуществляется только с помощью теплопроводности, без конвекции) становится неустойчивым. Возникает конвекция, соответствующая когерентному, т.е. согласованному, движению ансамблей молекул; при этом перенос тепла увеличивается. Миллионы молекул движутся согласованно, образуя конвективные ячейки в форме правильных шестиугольников некоторого характерного размера.