

менными x_2 и x_1 . Такое приближение, наз. адиабатическим, позволяет уменьшить число степеней свободы системы и тем самым упростить исходную задачу. Вследствие принципа подчинения поведение системы в целом определяется законом эволюции медленной переменной, к-рую в этом случае называют параметром порядка. Особое значение имеет то обстоятельство, что принцип подчинения наиб. ярко проявляется в точках бифуркации, где поведение системы определяется только параметрами порядка (см. Гинзбурга — Ландау теория).

В силу принципа подчинения динамич. особенности системы (5) могут быть определены непосредственно

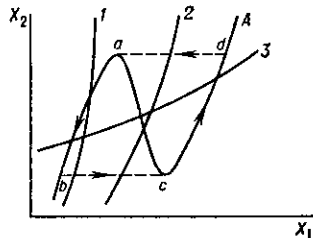


Рис. 6. N -образная нуль-изоклина «быстрой» переменной (А), пересекающаяся с монотонной нуль-изоклиной «медленной» переменной. Различные случаи отвечают ждущему (1), автоколебательному (2) и триггерному (3) режимам.

по форме и взаимному расположению её нуль-изоклин. Если, напр., нуль-изоклина ур-ния для быстрой переменной имеет N - или H -образный вид (рис. 6), то в зависимости от характера её пересечения с нуль-изоклиной ур-ния для медленной переменной можно выделить случаи, отвечающие ждущему, автоколебательному и триггерному режимам. В автоколеб. режиме единств. состояние равновесия (точка пересечения нуль-изоклин) неустойчиво и система движется вдоль *предельного цикла*, состоящего из участков *ab* и *cd* медленных движений и быстрых скачкообразных движений на участках *bc* и *da*. Строгое обоснование правил «сбивок» траекторий быстрых и медленных движений даёт теория асимптотич. разложений решений обыкновенных дифференциальных ур-ний, содержащих малый параметр при старшей производной.

С ростом числа степеней свободы усложнение динамики системы, напр. при изменении коэф. передачи по каналу О. с., может осуществляться за счёт бифуркаций периодич. движений, приводящих, в частности, к рождению *странного аттрактора*. Поведение фазовых траекторий на таком аттракторе и вблизи него хаотично, поэтому с рождением странного аттрактора связывают возникновение в системах хаотич. движения (см. *Стохастические колебания*).

Такое хаотич. движение может демонстрировать уже система, состоящая всего из трёх ур-ний типа (1) (см. *Лоренца система*).

Аналогичное усложнение динамики системы наблюдается при наличии запаздывания в цепи О. с., когда простейших нелинейностей достаточно для того, чтобы, изменяя коэф. передачи по каналу О. с., реализовать множество динамич. режимов: от простейших колебаний до хаоса.

О. с. в системах с распределёнными параметрами носит нелокальный характер, т. е. взаимовлияние осуществляется между величинами, расположенными в разл. точках пространства. Во многих физ. и хим. системах такое взаимовлияние обусловлено процессами необратимого переноса типа диффузии. В этих системах нелокальная О. с. теоретически описывается системой ур-ний в частных производных:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = \nabla(D_{ij}\nabla u_j) + f_i(u_1, \dots, u_n) \quad (6)$$

$$(i = 1, \dots, n),$$

где D_{ij} — матрица коэф. диффузии, в общем случае нелинейная и недиагональная, u_i — переменная, описывающая поведение системы.

В случае одномерной и однокомпонентной среды с постоянной диффузией ($D_{ij} = D = \text{const}$) ур-ние (6) принимает вид

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f(u). \quad (7)$$

Если ф-ция $f(u)$ имеет N -образный вид, то ур-ние (7) описывает движение стационарной волны переключения (см. *Автоволны*). Матем. образом такой волны на фазовой плоскости (u_x, u), $\xi = x - vt$, является сепаратриса, соединяющая два устойчивых стационарных состояния $u_1 = u(-\infty)$ и $u_3 = u(\infty)$. Модель (7) характерна для мн. задач физики горения, биологии, экологии и т. д. Она рассматривалась в 30-е гг. А. Н. Колмогоровым, П. Г. Петровским, Н. С. Пискуновым (распространение эпидемий) и Я. Б. Зельдовичем и Д. А. Франк-Каменецким (волна горения). Причиной нетривиального поведения систем типа (7) является положительная О. с., формирующаяся между потоком $j = -D \partial u / \partial x$ и самой величиной u . Для стационарной волны переключения такое самовоздействие осуществляется по схеме

$$j / \partial u = \Psi(j, u).$$

В многокомпонентных ($n > 1$) системах ур-ния (6) описывают О. с. между разл. потоками j_k . Наличие О. с. между потоками вблизи положений равновесия в термодинамике впервые отмечено Л. Онсагером (см. *Онсагера теорема*).

С помощью моделей одномерных двухкомпонентных ($n = 2$) систем с постоянной диагональной диффузией

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} = D_{11} \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + f_1(u_1, u_2), \quad (8)$$

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} = D_{22} \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + f_2(u_1, u_2)$$

удётся описать такие явления, как распространение *первого импульса* [А. Л. Ходжкин (A. L. Hodgkin), А. Ф. Хаксли (A. F. Huxley), 1952], формирование стационарных неоднородных структур [А. М. Тьюринг (A. M. Turing), 1952; см. *Диссипативные структуры*], автоколебат. процессы в реакциях Белоусова — Жаботинского и т. д. Ур-ния (8) описывают системы, в к-рых формируются О. с. между скоростями du_i/dt , потоками du_i/dx и самими величинами u_i . На языке теории нелинейных волн такие О. с. приводят к эффектам синхронизации и конкуренции мод, что в свою очередь влечёт за собой разл. явления самоорганизации.

Для достаточно «быстрых» нелинейностей, когда времена релаксации τ различных физ. величин, от к-рых зависит τ , сопоставимы с обратной частотой световой волны ω^{-1} , самовоздействие света приводит к разл. эффектам генерации гармоник, *вынужденному рассеянию света* и др. Максимальный коэф. передачи по каналу положительной О. с. в этих случаях обеспечивается при выполнении условий резонансной связи мод (условий фазового синхронизма).

Др. примером самовоздействия являются эффекты типа самофокусировки и самодефокусировки излучения, обусловленные деформацией фазового фронта распространяющейся волны. Напр., в среде с показателем преломления n , зависящим от интенсивности световой волны $n = n_0 + n_2 E^2$ (безынерц. нелинейность), положительная О. с. формируется за счёт отклонения лучей в область большого показателя преломления, что в свою очередь приводит к росту показателя преломления за счёт роста интенсивности света, фокусируемого такой нелинейной линзой. Если коэф. передачи по каналу такой положительной О. с. превышает коэф. передачи по каналу отрицательной О. с., связанной с дифракцией света, то наблюдается эффект самосжатия, «схлопывания» лазерного пучка при его распространении через нелинейную среду.

Лит.: Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э., Теория колебаний, [3 изд.], М., 1981; Франк-Каменецкий Д. А., Диффузия и теплопередача в хими-