

ОСНОВНОЕ СВОЙСТВО, УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР

АННОТАЦИЯ

В статье предпринята попытка объединить учение Умова о потоках энергии и учение Пригожина о диссипативных структурах. Учение Умова является составной частью, более общего учения Пригожина. Именно потоки энергии Умова, возникающие согласно динамике в неравновесных термодинамических системах при определённых условиях, вопреки второму закону, не рассеиваются до равновесного состояния, а формируют стационарные пространственно-временные структуры с минимальным производством энтропии.

Ключевые слова: диссипативные структуры, вырождение результирующего импульса, кооперативные потоки, когерентность, стрела времени, эволюция, фрактальность.

Диссипативная структура – важнейшее и относящееся к числу наиболее общих и сложных, понятий макромира. Достаточно сказать, что под это понятие подпадают турбулентность и ячейки Бенара, электрические токи и лазеры, все виды биологических и технических (например, автомобиль и компьютер) структур, производственные структуры. Без этого понятия невозможно объяснить и описать изменчивость и эволюцию окружающего макромира.

В природе существуют два принципиально различных типа структур. Структуры первого типа формируются на основе сил связи. Назовём их силовыми или статическими (жёсткими) структурами. Типичными примерами таких структур являются кристаллы и молекулы, в том числе биологические макромолекулы. Для разрушения структур этого типа необходимо совершить работу против сил связи.

Структуры второго типа формируются на основе потоков энергии, локализованных потенциальными барьерами, которые создаются структурами первого типа. Структуры второго типа - это диссипативные структуры Пригожина. Для их разрушения необходимо превышение диссипации потоков энергии (диссипации кооперативной кинетической энергии) над производством кооперативной энергии. В связи с этим необходимо отметить один важный момент. Кинетическая энергия в многочастичной (термодинамической, диссипативной, статистической) системе существует в двух формах. В хаотической форме с результирующим импульсом системы равным нулю ($\vec{M}_{рез}^{сис} = 0$). Эта форма кинетической энергии описывается методами статистической механики. Вторая форма кинетической энергии в многочастичной среде существует в форме потоков энергии Умова-Пойнтинга. В этом случае результирующий импульс системы отличен от нуля и определяется величиной потоков энергии. Вырождение результирующего импульса системы через нецентральное соударение приводит к диссипации потоков энергии Умова. Кооперативные потоки энергии описываются термодинамикой, гидродинамикой, учением Умова и в обобщённой форме динамикой эволюции.

Среди структур второго типа особой сложностью отличаются биологические структуры, в них на структурах первого типа записана информация (молекулы ДНК). Эти диссипативные структуры способны к воспроизводству, а через бифуркации и естественный отбор к сложной эволюции.

ЭФФЕКТ ВЫРОЖДЕНИЯ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕГО ИМПУЛЬСА И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР ПРИГОЖИНА

В феноменологической термодинамике существует множество (до двух десятков [34]) различных формулировок второго начала термодинамики. Однако при внимательном рассмотрении их можно разбить на две группы: одна группа относится к закону роста энтропии, другая к понятию компенсации за преобразование тепла в работу. Закон роста энтропии постулирует тот факт повседневно наблюдаемой практики, что все самопроизвольные процессы в термодинамических системах протекают с диссипацией, т.е. с переходом направленной энергии в

хаотическую. И течение этих процессов заканчивается, в конце концов, установлением равновесного состояния, когда в системе отсутствуют градиенты параметров и кооперативные потоки энергии. Параметр энтропии в этом состоянии достигает максимума для данной системы. Понятие о компенсации за преобразование тепла в работу вытекает из учения Карно, согласно которому для получения механической работы (механической, направленной энергии) из тепла (из хаотической формы энергии) необходим перепад температур между источником тепла (горячим источником) и приёмником тепла (холодильником). Причём для возвращения рабочего тела в исходное состояние, т.е. для обеспечения цикличности работы, тепловая машина обязана передавать часть тепла холодильнику (холодному источнику). Последнее положение также утвердилось в форме постулата второго начала как необходимость компенсации за преобразование тепла в работу. В наиболее непререкаемой форме этот постулат сформулирован как “принцип исключённого вечного двигателя второго рода”.

А) ЭФФЕКТ ВЫРОЖДЕНИЯ ИМПУЛЬСА КАК МЕХАНИЗМ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАКОНА РОСТА ЭНТРОПИИ

Исторически сложилось так, что при рассмотрении процессов в неравновесных термодинамических системах в тени остаётся один из самых фундаментальных законов природы – закон сохранения результирующего импульса как системный закон. В основу термодинамики был положен факт существования равновесного состояния в тепловых системах и неизбежности его наступления. Были сформулированы нулевой и второй постулаты, которые заслонили закон сохранения результирующего импульса. Термодинамика как бы пренебрегала динамикой Ньютона, претендовавшей на место первой из наук, но не могла объяснить факт существования равновесного состояния в термодинамических системах.

В учении о тепле факт равновесного состояния и неизбежности его наступления для замкнутой многомолекулярной системы имеет особое, основополагающее значение. Все фундаментальные выводы термодинамики и статистической физики построены на этом факте. Рассмотрим это наиболее общее свойство всех многомолекулярных систем, т.е. их стремление к равновесию, попытаемся раскрыть механизм релаксации подобных систем.

Во-первых, покажем, что результирующий импульс всех частиц термодинамической системы, находящейся в равновесии, равен нулю как вектор.
$$\vec{M}_{рез.}^{сум.} = \sum_n m\vec{v} = 0$$
 где: n - количество частиц в системе; m - масса частицы; \vec{v} - скорость частицы.

Обоснование данного утверждения легко провести с помощью выводов статистической физики. Известно, что в случае равновесного состояния в газе всегда реализуется Максвелловское распределение по скоростям. В статистической физике показывается, что для случая Максвелловского распределения по скоростям средняя проекция скорости хаотического движения на любое направление оказывается равной нулю. А если равна нулю проекция средней скорости, то равна нулю и проекция среднего импульса на любое направление. И результирующий импульс равен нулю как вектор.

Теперь рассмотрим замкнутую систему из малого числа, например из 10-и частиц, находящихся в покое. Этой замкнутой системе извне передадим импульс \vec{M} . Наиболее характерным свойством этой замкнутой системы, с точки зрения динамики, будет, наряду с сохранением полной энергии то, что этот импульс будет сохраняться постоянным по величине и направлению, сколько бы частицы не сталкивались между собой. При рассмотрении замкнутой системы из 20, 100 частиц свойство $\vec{M}_{рез.} = const$ сохраняется. Теперь же рассмотрим замкнутую систему из многих и многих миллиардов частиц (термодинамическую систему). Здесь положение коренным образом меняется. Наиболее характерным свойством этой системы является стремление к равновесию, при котором как было показано выше результирующий импульс всех молекул равен нулю как вектор, т.е. направленное движение перейдет в хаотическое. Таким образом, с одной стороны для замкнутой механической системы имеем $\vec{M}_{рез.} = const$ с другой, при увеличении числа частиц системы, имеем прямо противоположное свойство $\vec{M}_{рез.} \rightarrow 0$, направленное движение исчезает. Попытаемся выяснить, каким образом разрешается этот

парадокс. Каким образом кооперативная кинетическая энергия направленного движения с $\vec{M}_{рез.} \neq 0$ переходит в кинетическую энергию хаотически движущихся частиц с $\vec{M}_{рез.} = 0$ как вектор?

Пусть имеем многочастичную замкнутую механическую систему, находящуюся в равновесном состоянии, которой одноактно передан некоторый импульс. Этот импульс будет для данной системы оставаться постоянным по величине и по направлению, какие бы события не развивались в данной системе. Пусть события в системе после передачи импульса развиваются таким образом, что масса результирующего импульса постоянно растёт. При этом скорость результирующего импульса должна соответственно уменьшаться (см. (1)), и кинетическая энергия, связанная с результирующим импульсом уменьшается обратно пропорционально росту массы (см.(2)). И если масса результирующего импульса в (1) становится сколь угодно большой, то кинетическая энергия (2) становится сколь угодно малой. Кинетическая энергия, связанная с результирующим импульсом, исчезает.

Это видно и из таких простых математических преобразований:

$$\vec{M}_{рез.}^{сис.т.} = \uparrow m_{рез.} \cdot \vec{v}_{рез.} \downarrow = const ; \quad (1) \quad E_{к.рез.} = m_{рез.} \cdot v_{рез.}^2 / 2 ; \quad (2)$$

$$m_{рез.} = \sum m ; \quad m\text{-масса шара} ; \quad (3) \quad \vec{v}_{рез.} = \vec{M}_{рез.} / \sum m ; \quad (4)$$

Если масса результирующего импульса постоянно растёт, то скорость результирующего импульса, т.е. общего переноса падает (см. (1) и (4)). Но в кинетическую энергию, связанную с результирующим импульсом, скорость входит в квадрате (см. (2)), поэтому при увеличении массы и соответственно уменьшении скорости общего переноса, кинетическая энергия общего переноса, т.е. та, которую несет результирующий импульс, уменьшается пропорционально росту массы.

Рассмотрим события и механизмы, приводящие к реализации выше сказанного. Что приводит к росту массы результирующего импульса в многочастичной системе и куда девается кинетическая энергия?

Взаимодействие частиц для простоты будем описывать законами абсолютно-упругого удара. Так как частицы имеют конечные размеры, то удар будет нецентральный. Обратим на это особое внимание. Это ключ к решению поставленной задачи. Вероятность центрального удара, согласно положениям статистической физики в системе свободных частиц стремится к нулю. Пусть частицы создают силовые поля взаимодействия, имеющие форму шара. Например, атомы инертных газов. Шаровые силовые поля рассматриваем для упрощения модели, что бы заострить внимание на главном виновнике рассеяния кооперативной энергии – нецентральном соударении.

Пусть имеем замкнутую систему, состоящую из одинаковых частиц. Причем n частиц покоятся, а одна частица движется и сталкивается с покоящимися частицами. До столкновения результирующий импульс системы: $\vec{M}_{рез.}^{сис.т.} = m_1 \vec{v}_1$, т.е. равен импульсу движущейся частицы, а кинетическая энергия $E_{к.сис.т.} = m_1 v_1^2 / 2$ равна кинетической энергии движущейся частицы. При этом кинетическая энергия строго направлена по результирующему импульсу системы, вся переносима этим результирующим импульсом.

Движущаяся частица сталкивается с покоящимися частицами, причем должны при этом выполняться закон сохранения результирующего импульса и закон сохранения кинетической энергии. Пишу закон сохранения кинетической, а не полной энергии, т.к. принято считать, что при абсолютно-упругом соударении частиц потенциальная энергия проявляется только в момент непосредственного соприкосновения. Эта схема принимается с тем, что бы в наибольшей простоте раскрыть механизм рассеяния кооперативной кинетической энергии, т.е. той кинетической энергии, которая связана с результирующим импульсом. При рассмотрении последовательности столкновений будем следить не за траекториями отдельных частиц, которые экспоненциально разбегаются, а за поведением результирующего импульса.

Частица 1 (см. Рис.1) с импульсом $\vec{M}_0 = m_1 \vec{v}_1$ после столкновения с первой частицей 2 будет иметь импульс \vec{M}_1 , а частица 2 приобретет импульс \vec{M}_2 которые в сумме (геометрической) дадут первоначальный импульс \vec{M}_0 . Закон сохранения импульса соблюден. Разложим импульсы частиц 1 и 2 после столкновения на оси X и Y. Проекции \vec{M}_{1x} и \vec{M}_{2x} дадут в сумме первоначальный импульс \vec{M}_0 , а проекции $\vec{M}_{2y} = -\vec{M}_{1y}$, перпендикулярные первоначальному результирующему импульсу на его величину после столкновения не влияют и в сумме дают нуль-вектор. Равенство по абсолютной величине импульсов \vec{M}_{2y} и \vec{M}_{1y} легко видно из векторной диаграммы и вытекает из закона сохранения результирующего импульса. Однако эти два последних уравновешенных импульса (нуль-вектор) несут каждый на себе определенное количество кинетической энергии, полученной от кинетической энергии первоначального импульса \vec{M}_0 .

$$E_k^{\text{до-столкновения}} = E_k^{\text{после-столкновения}}$$

$$E_k^{\text{до-столкновения}} = m_1 v_1^2 / 2$$

$$E_k^{\text{после-столкновения}} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_{1y}^2}{2} + \frac{mv_{1x}^2}{2} + \frac{mv_{2y}^2}{2} + \frac{mv_{2x}^2}{2}$$

$$\text{Так как } v_1^2 = v_{1y}^2 + v_{1x}^2 \text{ и } v_2^2 = v_{2y}^2 + v_{2x}^2$$

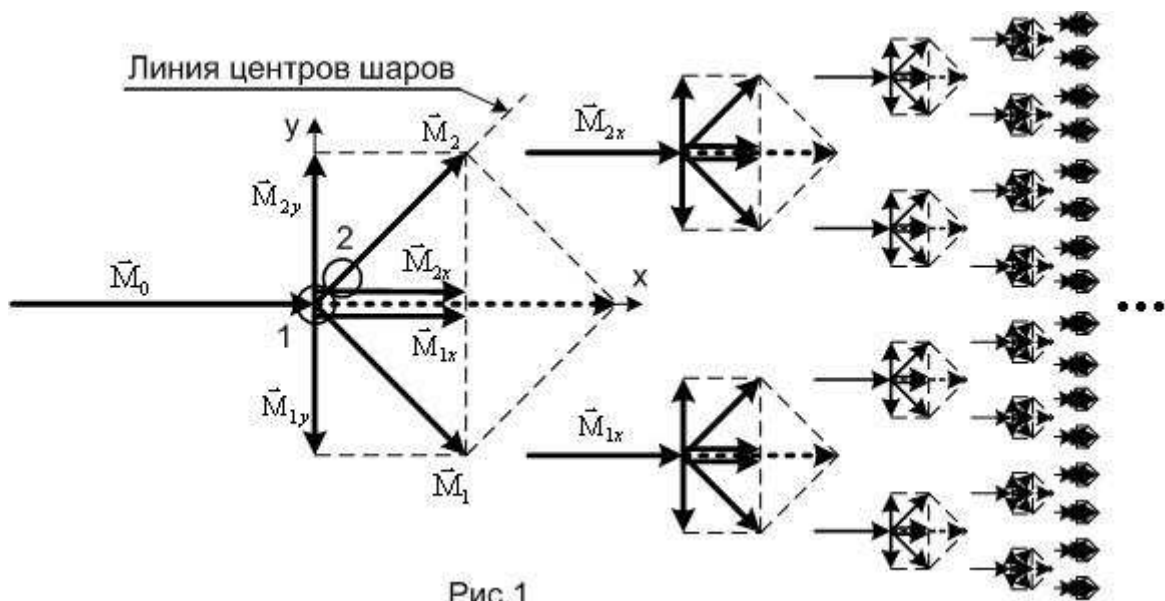


Рис.1

Массы частиц для простоты все равны. Если, как было показано выше, результирующий импульс после столкновения сложился из двух проекций на ось X и остался постоянным, то кинетическая энергия, переносимая этим импульсом после столкновения, т.е. проекциями \vec{M}_{1x} и \vec{M}_{2x} $\{mv_{1x}^2 / 2 + mv_{2x}^2 / 2\}$ будет составлять только часть кинетической энергии, переносимой результирующим импульсом до столкновения. Другая часть кинетической энергии, переносимая взаимно уравновешенными импульсами \vec{M}_{1y} и \vec{M}_{2y} (нуль-вектором) $\{mv_{1y}^2 / 2 + mv_{2y}^2 / 2\}$ переходит в хаотическую форму. После следующего соударения теперь уже двух движущихся частиц (см. Рис.1) результирующий импульс сложится из 4-х движущихся частиц и произойдет дополнительное рассеяние направленной кинетической энергии и т.д. Напоминаю, мы следим за поведением импульса, а не за траекториями частиц. Таким образом, благодаря нецентральному соударению частиц в первоначальный направленный импульс лавинообразно, по схеме цепной реакции, вовлекается все большее и большее число частиц и происходит лавинообразный рост

массы результирующего импульса. А по мере вовлечения частиц происходит все большее рассеяние первоначально направленной кинетической энергии. Так после рассмотренного соударения масса результирующего импульса возросла вдвое, а скорость $\vec{v}_{рез.} = \vec{M}_{рез.}^{сум.} / 2m$ уменьшилась вдвое. При этом

$$\vec{M}_{рез.}^{после-столкн.} = 2m \cdot \frac{1}{2} \vec{v} = m\vec{v} = \vec{M}_0 = const$$

Но в кинетическую энергию скорость входит в квадрате, поэтому при увеличении массы в два раза и уменьшении в два раза скорости общего переноса кинетическая энергия общего переноса, т.е. та, которую несет результирующий импульс, уменьшилась вдвое.

$$E_{к}^{общего-переноса-после-столкн.} = \frac{2m \cdot (\frac{1}{2} v)^2}{2} = \frac{mv^2}{4} = \frac{1}{2} E_{к}^{общего-переноса-до-столкн.}$$

Речь идет о кинетической энергии общего переноса (кооперативной энергии), связанной с результирующим импульсом, т.е. той энергии, которая совершает макроскопическую работу. Закон сохранения общей кинетической энергии системы не нарушается, т.к. адекватно увеличивается хаотическая составляющая кинетической энергии, связанная с нуль-вектором. При увеличении массы, переносимой результирующим импульсом, в N раз кинетическая энергия, переносимая этим импульсом, и остающаяся в направленной форме, уменьшается в N раз. И при стремлении массы результирующего импульса к бесконечности кинетическая энергия общего переноса стремится к нулю, затухает.

На рисунке 1 показана последовательность из 5-ти столкновений. Видно, что масса результирующего импульса (общего переноса) возрастает в геометрической прогрессии, а скорость падает в геометрической прогрессии. Кооперативное движение затухает.

На рисунке виден ярко выраженный фрактальный характер процесса рассеяния.

Результирующий импульс, оставаясь постоянным по величине и направлению как вектор (сложившись из огромного числа микро импульсов вовлеченных частиц), вырождается как носитель кооперативной энергии, равносильно тому, что $\vec{M}_{рез.} = 0$ и система приходит в равновесное состояние. Вся кооперативная энергия переходит к нуль-вектору хаоса, складывающегося из пар взаимно уравновешенных импульсов.

Этим разрешается парадокс, о котором мы говорили в начале. В этом примере мы рассматривали столкновение частицы с покоящимися частицами. Картина рассеяния и затухания не изменится, если частицы будут не покоиться, а хаотически двигаться с $\vec{M}_{рез.} = 0$, т.к. причиной рассеяния является не состояние системы, а нецентральное соударение.

Всесилие механизма диссипации, приводящего систему к равновесию, заключается в том, что материя имеет корпускулярное строение, т.е. частицы имеют конечные размеры, а значит соударение нецентральное. Частиц же великое множество (достаточно вспомнить число Лошмидта) и затухание происходит очень быстро. Обратим особое внимание на это стержневое свойство диссипативных сред, их способность качественно вырождать результирующий импульс и как следствие качественно изменять динамику, когда детерминизм динамики уступает место вероятности статистической механики. Закон роста энтропии есть следствие эффекта вырождения результирующего импульса в многочастичной (диссипативной) среде.

Последний вывод находится в полном соответствии с формулой Больцмана $S = \kappa \ln W$. При диссипации кооперативной энергии происходит увеличение хаотической энергии и температуры, которое может сопровождаться также расширением системы, что приводит к увеличению объема фазового пространства координат и импульсов, а стало быть, термодинамической вероятности и энтропии.

Рассмотренный механизм рассеяния кооперативной энергии универсален для всех агрегатных состояний вещества.

Наиболее близок к вскрытию эффекта вырождения результирующего импульса был Больцман в своём первом механическом варианте Н-теоремы. Недостатком его подхода было использование модели центрального соударения. При центральном соударении рассеяния энергии не происходит.

Таким образом эффект вырождения результирующего импульса, обосновывая закон роста энтропии, обосновывает и факт равновесного состояния или как его ещё называют общее, нулевое начало термодинамики и гипотезу молекулярного хаоса Больцмана или принцип элементарного беспорядка, лежащих в основе статистической механики. Эффект вырождения результирующего импульса показывает принципиальный характер необратимости термодинамических процессов при их стремлении к равновесию. Для того чтобы обратить процесс в многочастичной среде необходимо, чтобы все частицы участвующие в процессе одновременно столкнулись по законам центрального абсолютно упругого взаимодействия с препятствиями, имеющими бесконечно большую массу. Только в этом (принципиально невозможном) случае все частицы и значит, многочастичный процесс, начнут обратное течение.

Б) ПРИРОДА КОМПЕНСАЦИИ ЗА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕПЛА В РАБОТУ

Отметим тот тривиальный факт, что тепловые машины работают в воздушной атмосфере, находящейся под постоянным сжатием сил гравитации. Именно силы гравитации создают давление окружающей среды. Покажем, что компенсация за преобразование тепла в работу связана с необходимостью производить работу против сил гравитации или, тоже самое, против давления окружающей среды, вызванного силами гравитации. Рассмотрим Рис.-2. Здесь P_0 - атмосферное давление, V_1 - удельный объём 1кг. рабочего тела (воздуха) на входе в тепловую машину, V_2 - удельный объём 1кг. рабочего тела на выхлопе тепловой машины в атмосферу.

Природа компенсации за преобразование тепла в работу заключается в том, что 1кг. рабочего тела на выходе из тепловой машины имеет больший объём (V_2), под воздействием процессов внутри машины, чем объём (V_1) на входе в тепловую машину.

$$V_2 \frac{m^3}{кг} > V_1 \frac{m^3}{кг}$$

А это означает что прогоняя через тепловую машину 1 кг. рабочего тела мы расширяем атмосферу на величину $\Delta V = V_2 - V_1$, для чего необходимо произвести работу против сил гравитации, работу проталкивания:

$$l_{np} = F \times ds = P_0(V_2 - V_1) = P_0 \Delta V \quad (\text{см. Рис. 2})$$

На это затрачивается часть механической энергии полученной в машине. Однако работа по проталкиванию это только одна часть затрат энергии на компенсацию. Вторая часть затрат связана с тем, что на выхлопе из тепловой машины в атмосферу 1кг. рабочего тела должен иметь тоже атмосферное давление P_0 что и на входе в машину, но при большем объёме ($V_2 > V_1$). А для этого, в соответствии с уравнением газового состояния $PV = RT$, он должен иметь и большую температуру, т.е. $T_2 > T_1$. Мы вынуждены передать в тепловой машине килограмму рабочего тела дополнительную внутреннюю энергию: $\Delta U = U_2 - U_1 = f(T_2) - f(T_1)$. Это вторая составляющая компенсации за преобразование тепла в работу. Таким образом, общие потери энергии за преобразование тепла в работу в пересчёте на 1кг. рабочего тела и переданные окружающей среде составят:

$$q_2 = \Delta U + P_0 \Delta V$$

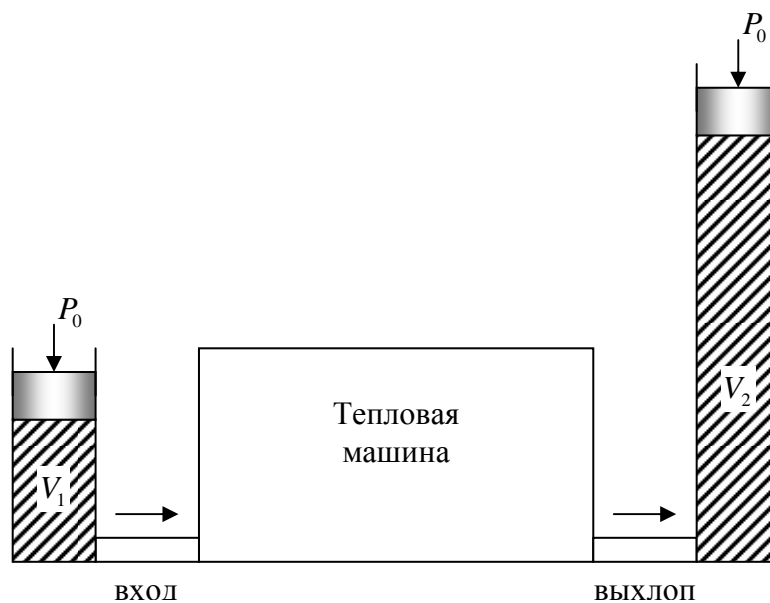


Рис . 2

Из этих двух составляющих и складывается природа компенсации. Обратим внимание на взаимозависимость двух составляющих компенсации. Чем больше объём рабочего тела на выходе из тепловой машины по сравнению с объёмом на входе, тем выше не только работа по расширению атмосферы, но и необходимая прибавка внутренней энергии, т.е. нагрев рабочего тела на выходе в сравнении с входом. И наоборот, если за счёт регенерации снизить температуру рабочего тела на выходе, то в соответствии с уравнением газового состояния будет снижаться и объём рабочего тела на выходе, а значит и работа проталкивания. Если провести глубокую регенерацию и снизить температуру рабочего тела на выходе до температуры на входе и тем самым одновременно сравнять объём килограмма рабочего тела на выходе до объёма на входе в тепловую машину, то компенсация за преобразование тепла в работу будет равна нулю. Так как применяемые тепловые машины или вообще работают без регенерации (двигатели внутреннего сгорания, ракетные двигатели) или регенерация в них ограничена (паротурбинные и газотурбинные установки), то это и вынуждает производить работу против сил гравитации, порождает компенсацию.

Сегодня под вторым законом термодинамики объединяются два совершенно различных физических явления: закон роста энтропии, являющийся следствием эффекта вырождения результирующего импульса и “компенсация за преобразование тепла в работу“, являющаяся следствием работы проталкивания против сил гравитации.

Сам факт наличия огромного числа формулировок для постулата, задача которого быть закладным камнем теории, говорит о неопределённости в постановке задачи и как следствие парадоксальность, туманность, упор на запретительный характер теории. Понимание природы причин, послуживших основанием для второго начала, позволяет оставить только две существенных формулировки. Первая - это закон роста энтропии, определяющий направление самопроизвольных процессов к равновесию. Вторая – это понятие “компенсации” и как следствие из этого, постулат об исключении вечного двигателя второго рода. Последняя не имеет ни какого отношения к закону роста энтропии, а связана с тупиковой ветвью технологической эволюции тепловых машин, основанной на процессах расширения рабочего тела. При наличии этих процессов неизбежно расширение атмосферы. [15, 16, 17]. Из выше изложенного видно, что второй закон не является постулатом, а выводится как следствие более фундаментальных общефизических постулатов: закона сохранения и превращения энергии, закона сохранения результирующего импульса и корпускулярного характера строения материи.

*В) САМООРГАНИЗАЦИЯ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ УМОВА В МНОГОЧАСТИЧНОЙ СРЕДЕ.
ВИДЫ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ*

Теперь наряду с процессом рассеяния направленной энергии в диссипативной среде рассмотрим противоположный ему процесс самоорганизации хаоса, возникновения диссипативных структур. В этом процессе диссипативная среда с $\vec{M}_{рез.} = 0$, т.е. не имеющая выраженного направления движения, проходит стадию упорядочения в результате которой возникает диссипативная структура, обладающая кооперативным движением, движением общего переноса с $\vec{M}_{рез.} \neq 0$, а стало быть возникает энергия общего переноса способная совершать полезную работу. Мы уже отмечали, что в диссипативной (многочастичной) среде формируются два типа структур - статические структуры и динамические структуры. Примером статических структур могут служить кристаллы, агрегаты дипольных молекул жидкостей или химические соединения, в том числе очень сложные, например белки. Эти структуры изучает физическая химия. Здесь мы рассматриваем условия и механизмы самоорганизации в многочастичной среде динамических структур - потоков массы и энергии (гидродинамический поток, электрический ток, фоновый тепловой поток, фотонный поток лазера).

Согласно положений нелинейной неравновесной термодинамики, необходимым условием самоорганизации открытых диссипативных систем является наличие сильной неравновесности в таких системах.

Всякая неравновесность состояния термодинамической системы вызвана какой-либо разностью потенциалов (разность давлений, температур, разность химических потенциалов, разность энергетических уровней). Уже в разности потенциалов, в наличии потенциальной энергии и заложена самоорганизация, заложены условия возникновения кооперативного движения. Если в термодинамической системе есть неравновесность, т.е. разность потенциалов, то в этой системе имеется градиент потенциальной энергии. Если в системе есть градиент потенциальной энергии, то в этой системе действует сила, имеющая выделенное направление, против градиента потенциальной энергии:

$$F = -grad\Delta\phi = -gradE_n = -\frac{dE_n}{dr}$$

где E_n - потенциальная энергия, запасенная в системе, $E_n = \Delta\phi$; F - сила, действующая в системе; r - расстояние на котором имеется разность потенциалов $\Delta\phi$.

В этом природа термодинамических сил в многочастичной среде. Она едина с природой любых сил, рассматриваемых в любых средах и во всех областях физики. Далее, если в динамической системе (в системе, где частицы имеют возможность перемещаться) действует сила, то она вызывает ускоренное движение массы в соответствии с основным законом динамики. ($F = ma$).

Так как разность потенциалов действует на всю много частичную систему, то и сила действует на систему в целом, вызывая коллективное совместное движение частиц диссипативной системы. В форме массового (гидродинамического) потока, когда частицы свободны (газ, жидкость) или в форме фонового потока, потока бегущих волн, когда частицы связаны (кристалл) и могут совершать только колебательные движения. Возникают термодинамические потоки массы и энергии, потоки энергии Умова-Пойнтинга. Осуществляется переход потенциальной энергии, запасенной в неравновесной системе, в кинетическую энергию общего переноса, имеющей результирующий импульс по направлению силы ($-grad E_n$).

Это и есть механизм самоорганизации (синергетики) диссипативных структур, основополагающего понятия сильно неравновесной термодинамики. Потенциальная энергия, являющаяся источником неравновесности, не может быть ни направленной, ни хаотической, это энергия положения частиц системы. У потенциальной энергии нет результирующего импульса, но потенциальная энергия может преобразовываться в кинетическую. А вот когда идет преобразование потенциальной энергии (разности потенциалов, неравновесности) в кинетическую

энергию, то здесь возможны два варианта. Возникает кинетическая энергия общего переноса по направлению общего градиента потенциальной энергии (газовый поток при разности давлений, тепловой поток через теплопроводную стенку или в термопаре при разности температур, электрический ток при химической разности потенциалов в аккумуляторной батарее) с $\vec{M}_{рез.} > 0$ и тогда говорим о самоорганизации. Или кинетическая энергия выделяется с $\vec{M}_{рез.} = 0$, т.е. в хаотической форме при химических реакциях горения, когда нет общего, выделенного направления, т.к. нет общего градиента потенциальной энергии.

Таким образом, самоорганизация диссипативных структур проявляется в возникновении термодинамических потоков массы и энергии, потоков Умова-Пойнтинга, имеющих результирующий импульс отличный от нуля. Потоки же возникают под действием сил, порождаемых градиентом потенциальной энергии термодинамической системы в следствии ее неравновесного состояния.

Более ста лет назад профессором Умовым было введено понятие потоков энергии в диссипативной среде, даны их характеристики. Здесь ставится задача выявить механизмы, динамику возникновения потоков энергии в многочастичной среде, понять условия существования этих потоков во времени, причины затухания, рассеяния этих потоков в диссипативной среде. При этом я пытаюсь указать на тесную связь между потоками энергии Умова-Пойнтинга в диссипативной среде и диссипативными структурами, введенными Пригожиным.

Принято считать что “физическая природа синергетики состоит в том, что в нелинейной области, вдали от равновесного состояния, система теряет устойчивость и малые флуктуации приводят к новому режиму – совокупному движению многих частиц”. [2]. Это не так. Здесь действует детерменизм, а не вероятность. Механизм возникновения кооперативного движения в неравновесной диссипативной среде не несёт в себе ничего нового по сравнению со вторым, основным законом динамики Ньютона. Просто нужно иметь в виду, что сила действует одновременно на огромное число малых масс термодинамической системы и они начинают вместе ускоренно двигаться. Появляется совместное движение, поток частиц. Всё предельно просто, исходя из имеющихся физических знаний о динамике малого (счётного) числа частиц. Сложность заключается в том, что не всегда в неравновесной термодинамической системе (системе из не счётного числа частиц) под действием силы в соответствии с основным законом динамики происходит зримое ускорение массы, возникает кооперативное движение, совместный поток частиц. Для понимания причин этого необходимо уяснить очень важное для диссипативных сред понятие. Назовем его – диссипативный порог многочастичной системы. Всё дело в том, что как только в неравновесной многочастичной системе, в силу действия основного закона динамики, возник кооперативный поток, обладающий результирующим импульсом, то тут же начинает действовать, рассмотренный выше, механизм вырождения импульса, диссипирующий кооперативное движение.

Но прежде чем рассмотреть влияние на состояние и динамику диссипативной среды этих прямо противоположных, но всегда действующих в единстве процессов, рассмотрим закон сохранения и превращения энергии в применении к термодинамическим системам.

Существуют два вида энергии: $E_k = mv^2 / 2$ - кинетическая энергия, энергия перемещения, энергия движения и $E_n = f(X, Y, Z)$ - потенциальная энергия, энергия положения, зависящая от координат составляющих систему частиц. Кинетическую энергию и импульс всегда нужно рассматривать в единстве. Кинетическая энергия переносима импульсом. Импульс и кинетическая энергия две взаимосвязанные и дополняющие друг друга характеристики движения массы. Другое дело, что кинетическая энергия в диссипативной среде существует в двух формах:

- 1) Кооперативная кинетическая энергия с $\vec{M}_{рез.} \neq 0$ (потоки энергии Умова-Пойнтинга).
- 2) Тепловая форма кинетической энергии с $\vec{M}_{рез.} = 0$.

$$\text{Но всегда } E_{\text{кооп.}}^{\text{кин.}} = \frac{|\overline{M}_{\text{рез.}}|^2}{2m_{\text{рез.}}} \quad \text{и} \quad E_{\text{тепл.}}^{\text{кин.}} = \sum_i \frac{|m\vec{v}_i|^2}{2m};$$

($E_{\text{тепл.}} = E_{\text{тепл.}}^{\text{кин.}} + E_{\text{тепл.}}^{\text{потенц.}}$) - внутренняя энергия.

Причем тепловая форма кинетической энергии измеряется в системе центра масс.

Потенциальная энергия также связана с выделенным направлением по $\vec{F} = -\text{grad}E_n$.

Закон сохранения и превращения энергии состоит из двух частей:

1). Сохранение энергии. Сумма кинетической и потенциальной энергии замкнутой системы остается постоянной не зависимо от протекающих в системе процессов.

$$E_k + E_n = \text{const} \quad (5)$$

2). Превращение энергии. При превращении одного вида энергии в другой выполняются равенства:

$$\mp \Delta E_n = L = \pm \Delta E_k; \quad L = F \times \Delta S = P \times \Delta V; \quad F = -\text{grad}E_n = \frac{dM}{dt} = ma \quad (6)$$

где: L – работа, F - сила, ΔS - перемещение, P - давление, ΔV - изменение объема.

Наряду с выделенным направлением для энергии важнейшим моментом, который необходимо отметить, является время. Изменения и превращения энергии не происходят вне динамики процессов, следовательно, протекают во времени. Всё это в равной степени относится и к термодинамике, в том числе и классической, где процессы только обозначены в статике. Параметр времени в неявной форме присутствует во всех математических формулировках связанных с превращениями энергии, а в выражении (6), отвечающем за динамику процессов энергопревращений, он присутствует в явном виде. Превращение одного вида энергии в другой происходит при обязательном совершении работы, т.е. совершается перемещение под действием или против действующих сил. Силы в системе возникают только при наличии $\text{grad}E_n$, т.е. если в системе есть неравновесность. Причем если перемещение возникает под действием сил, когда направление перемещения массы совпадает с направлением действующей силы, то происходит ускорение массы ($F = ma$) и увеличивается кинетическая энергия, а значит соответственно уменьшается потенциальная энергия системы. Такие процессы наблюдаются при адиабатном расширении рабочего тела в сопле, при движении маятника вниз, при разрядке конденсатора и увеличении тока в колебательном контуре. Если перемещение происходит против действующих в системе сил, то увеличивается потенциальная энергия и работа совершается за счет уменьшения кинетической энергии и в системе накапливается неравновесность. Такие процессы наблюдаются при адиабатном сжатии в диффузоре, при перемещении маятника вверх, при зарядке конденсатора в колебательном контуре. И еще отметим: когда говорят о взаимопревращении тепловой, химической, механической и других видах энергии имеется в виду сохранение и взаимопревращение кинетической и потенциальной энергий в различных физических явлениях (тепловых, химических, механических и др.).

Подводя итог данного раздела, отметим, что в макро среде (сплошной среде), являющейся совокупностью огромного (не счётного) числа корпускул, может формироваться только четыре вида макроскопических потоков энергии в зависимости от свойств среды и природы разности потенциалов:

- 1) гидродинамический поток, когда разность потенциалов вызвана перепадом давлений или высот. Частный случай звуковой поток, когда происходит объёмное сжатие упругой среды.
- 2) фоновый тепловой поток, когда разность потенциалов вызвана перепадом температур в кристаллическом теле.
- 3) поток заряженных частиц (электрический ток), вызванный разностью электрических потенциалов.
- 4) Электромагнитный фотонный поток частиц (частный случай лазер), вызванный разностью потенциалов различных уровней энергии в атоме.

Именно эти четыре вида потоков энергии лежат в основе всех многочисленных, в том числе и очень сложных диссипативных структур.

Г) УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР

Рассмотрим события в неравновесных диссипативных средах под влиянием совместного действия механизмов самоорганизации и диссипации. Выясним условия, при которых в многочастичной среде начинают формироваться диссипативные структуры, условия их стабильного существования, условия эволюции и разрушения. Неравновесность состояния диссипативной среды, согласно идей выдвинутых Брюссельской школой, служит источником упорядоченности. Это необходимое, но не достаточное условие возникновения кооперативного движения, возникновения потоков энергии Умова-Пойнтинга с $\vec{M}_{рез} > 0$. Необходимо также чтобы возникающий по причине неравновесности состояния системы поток тут же не рассеивался под действием причин релаксации. Дело в том, что как только в многочастичной системе возник кооперативный поток, обладающий результирующим импульсом, то тут же начинает действовать механизм вырождения результирующего импульса, диссипирующий кооперативное движение. И теперь всё определяется мощностями этих двух прямо противоположных процессов, зависящих от состояния и свойств системы. Если мощность возникновения (производства) кооперативных потоков больше мощности процесса диссипации кооперативной энергии, то в системе наблюдаются кооперативные потоки, возникают потоки энергии Умова-Пойнтинга, формируются диссипативные структуры. Если свойства системы по вырождению результирующего импульса, диссипации потоков энергии таковы, что превосходят по мощности, возникающие кооперативные потоки, то в такой системе кооперативные потоки не возникают. В термодинамической системе в данной ситуации кооперативного движения не наблюдается, а идёт квазиравновесный процесс установления равновесия. Для возникновения кооперативного движения в диссипативной среде необходимо преодоление главного порогового соотношения. Мы назвали его диссипативным порогом.

$$\frac{dE_{кооп}}{dt} = \frac{dE_{диссип.}^{max.}}{dt};$$

Где: $E_{кооп.}$ - энергия направленного кооперативного движения, переносимая результирующим импульсом и получаемая из потенциальной энергии неравновесности в единицу времени.

$E_{диссип.}^{max.}$ - максимальная энергия направленного кооперативного движения, переносимая результирующим импульсом, которую данная многочастичная система способна в единицу времени переводить в хаотическую форму под действием причин диссипации.

Величина главного порогового соотношения, величина диссипативного порога определяется максимальной мощностью процесса диссипации кооперативной кинетической энергии и является свойством, параметром данной многочастичной системы.

Именно главное пороговое соотношение, определяющее соотношение между мощностью процесса самоорганизации и мощностью процесса диссипации определяет направление событий, направление эволюции в неравновесной диссипативной среде.

Рассмотрим поведение диссипативной системы при ее нахождении по ту или иную сторону от диссипативного порога.

а) при $\frac{dE_{кооп.}}{dt} < \frac{dE_{диссип.}^{max.}}{dt}$ (7) - область линейной неравновесной термодинамики,

когда мы говорим о локальном равновесии и не возникает потоков энергии с $\vec{M}_{рез.} \neq 0$. В данной ситуации система под действием причин релаксации стремится к равновесию, к состоянию с максимальной энтропией ($S = \max$ и $grad E_n = 0$). Потоки энергии образуются в микрообластях и тут же рассеиваются. Вся потенциальная энергия неравновесности сразу переходит в хаотическую форму и не способна производить макроскопическую работу. В зоне локального равновесия также существуют потоки энергии от высшего потенциала к низшему, но из-за того что эти потоки не

обладают кооперативным движением, т.е. у них $\vec{M}_{рез.} = 0$, то эти потоки не способны совершать макроскопическую работу, а стало быть и резкие видоизменения (бифуркации) в среде. Эти потоки приводят только к постепенному изменению системы к состоянию равновесия. Эволюция системы развивается по Клаузиусу.

Отнесём к потокам энергии Умова-Пойнтинга только потоки энергии, имеющие $\vec{M}_{рез.} > 0$, т.е. обладающие кооперативным движением. Возникновение этих потоков и есть результат самоорганизации кооперативного движения в диссипативной среде. Из выше сказанного и понимания механизма релаксации легко видна справедливость универсального критерия эволюции Гленсдорфа-Пригожина. Согласно этому критерию, в любой неравновесной системе с фиксированными граничными условиями процессы идут так, что скорость изменения производства энтропии, обусловленная изменением термодинамических сил, уменьшается.

$$\sigma_i > 0; \frac{d\sigma_i}{dt} = \frac{d^2 S_i}{dt^2} < 0. \text{ Из механизма релаксации вытекает, что в неравновесной системе,}$$

где безгранично действуют причины релаксации и из вне не поддерживается неравновесность неизбежно наступает равновесие, а из рисунка -1, поясняющего механизм релаксации, видно, что после первого соударения частицы ее направленная энергия уменьшилась в двое. Затем уже после столкновения двух движущихся частиц оставшаяся направленная энергия снова уменьшилась вдвое, но это уже будет четвертая часть от первоначально направленной энергии и так далее. По мере развития процесса релаксации доля направленной энергии переходящая в хаотическую уменьшается, а, следовательно, уменьшается производство энтропии и ее производная отрицательна. Условие (7) - определяет направление эволюции неравновесной системы к равновесию.

$$\text{б) при } \frac{dE_{кооп.}}{dt} > \frac{dE_{диссип.}^{max}}{dt} \text{ (8) - область нелинейной, сильно неравновесной термодинамики.}$$

При этом условии возникают потоки энергии Умова-Пойнтинга с $\vec{M}_{рез.} > 0$, происходит формирование диссипативных структур и появляется возможность совершать макроскопическую работу.

Для того чтобы снизить рассеяние кооперативной энергии необходимо исключить лавинообразное вовлечение массы в кооперативный поток. Это достигается двумя способами: канализацией потока (попросту заключением потока в трубчатую структуру) и, во-вторых, централизацией соударения частиц, созданием условий для когерентного взаимодействия. Чем меньше диссипативный порог многочастичной системы, тем более устойчивы в данной среде кооперативные потоки, больше их мощность, при имеющейся неравновесности, и больше способность совершать работу против сил. Интенсивность потоков энергии характеризуется вектором Умова. Абсолютная величина вектора Умова представляет собой количество кинетической энергии проходящей через единичную площадку поперечного сечения потока в единицу времени.

По мере распространения потоков энергии в среде модуль вектора Умова снижается по причине рассеяния направленной энергии и увеличения площади поперечного сечения потока энергии. (См. Рис.1). Реализовать условие (8) в диссипативной среде можно двояко. Или увеличивать неравновесность системы или снижать её диссипативный порог.

Причём для получения кооперативного движения вовсе не обязательно чтобы в каждый момент времени мощность процесса производства кооперативного движения была больше мощности процесса вырождения результирующего импульса. Необходимо чтобы за наблюдаемый промежуток времени образовалось больше кооперативной энергии, чем её диссипировало.

$$\int_t N_{кооп.}(t) \cdot dt > \int_t N_{диссип.}^{max}(t) \cdot dt \quad (9)$$

где: $N_{\text{кооп.}}(t) = \frac{dE_{\text{кооп.}}}{dt}$ - мощность производства кооперативной энергии в неравновесной системе.

$N_{\text{диссип.}}^{\text{max}}(t) = \frac{dE_{\text{диссип.}}^{\text{max}}}{dt}$ - это максимальная мощность кооперативной энергии, которую способна диссипировать данная термодинамическая система. Это важнейшая характеристика диссипативной системы.

Величина максимальной мощности диссипации кооперативной энергии – это характеристика присущая данной системе и зависящая от многих факторов (размеры системы, плотность частиц в системе, масса частиц, прочность связей между частицами, энергетическое состояние системы и её возможности по энергообмену с внешней средой и др.). Максимальная мощность процесса диссипации и есть тот порог, не преодолев который не возможно в системе получить кооперативные потоки энергии, потоки Умова-Пойнтинга, не возможно сформировать стабильную диссипативную структуру.

При выполнении условия (8), при преодолении диссипативного порога происходит первая бифуркация, в диссипативной среде формируется диссипативная структура. Диссипативная структура в зависимости от конкретных условий имеет определенные пространственные и временные рамки. Для открытой диссипативной структуры возможны три варианта развития:

Вариант 1): при равенстве подводимого из вне потока энергии для поддержания неравновесности и отводимой во внешнюю среду диссипированной энергии и энтропии, полученной в результате диссипации кооперативного движения при функционировании структуры, плюс внешняя работа, структура может существовать сколь угодно долго.

$$\frac{dE_n}{dt} = \frac{dE_{\text{кооп.}}}{dt} = \frac{dL}{dt} + \frac{dE_{\text{диссип.}}}{dt}; \quad \frac{dE_{\text{диссип.}}}{dt} = \frac{dE_{\text{в-окруж-среда}}^{\text{диссип.}}}{dt} \quad (10)$$

Назовем (10) соотношением стабильности. Для отдельного процесса это условие его стационарности, для сложной диссипативной структуры, состоящей из согласованно действующей совокупности многих процессов, это условие её существования во времени.

По причине того, что в стационарных процессах действие причин релаксации ограничено (энергия передается на ограниченную массу, когерентность делает соударение близким к центральному удару, что также снижает рассеяние) по сравнению с условиями когда в процессе релаксации масса вовлекается лавинообразно, то становятся понятными принцип Онсагера о минимальном рассеянии энергии и принцип Пригожина о минимальном производстве энтропии в стационарных процессах.

Вариант 2): $\frac{dE_n}{dt} = \frac{dE_{\text{кооп.}}}{dt} > \frac{dE_{\text{диссип.}}}{dt} = \frac{dE_{\text{в-окружающую-среду}}^{\text{диссип.}}}{dt}$

Здесь также возможны два случая: во-первых, весь избыток направленной энергии, получаемый диссипативной структурой сверх необходимого для функционирования самой структуры, структура расходует на совершение внешней работы и может как и в варианте 1) существовать сколь угодно долго. Во-вторых, если внешняя работа не совершается, идет накопление кооперативной энергии или неравновесности в системе и диссипативная структура идет к новой бифуркации, в результате которой формируется новое состояние, новая диссипативная структура. Принципиальный механизм бифуркации одной диссипативной структуры в другую заключается в следующем. При нарастании кооперативной энергии или неравновесности в диссипативной структуре, за счет увеличения мощности преобразования потенциальной энергии в направленную кинетическую, или накопление кооперативной энергии со временем, возникает, излишнее для данной диссипативной структуры, направленное кооперативное движение, способное совершать работу по преодолению оказывающихся на его пути потенциальных барьеров, свойственных структуре. Момент времени и совершаемая при этом работа, и представляют собой бифуркацию: переход одной диссипативной структуры в другую. Бифуркации возникают не спонтанно, а в момент преодоления потенциального барьера,

возникающего на пути кооперативного движения. Поток энергии Умова (абсолютная величина вектора Умова) обеспечивают работу по преодолению потенциальных барьеров, переход структуры в новое состояние. Если после бифуркации в новой диссипативной структуре устанавливается равновесие по варианту 1), то новая структура будет устойчивой. Если в новой диссипативной структуре вновь при определенных условиях с некоторого момента начинает накапливаться кооперативная энергия или неравновесность, то система вновь готова к очередной бифуркации, к формированию последующей структуры. Описанное выше, представляет собой механизм динамики эволюции структур, эволюцию по Дарвину. Потенциальные барьеры, встающие на пути кооперативного движения, могут иметь самую различную величину и форму и тем самым определяют величину кооперативной энергии, которую должна приобрести диссипативная структура для последующей бифуркации. Потенциальные барьеры, несмотря на самую различную величину и форму, по своей природе бывают только двух типов: создаваемые силами притяжения или силами отталкивания. На величину кооперативной энергии, необходимую для бифуркации данной структуры может влиять присутствие катализаторов, способствующих преодолению барьеров. Величина производства энтропии от одной диссипативной структуры к другой не имеет никакой тенденции, а определяется механизмом релаксации в данной структуре, мощностью диссипации направленной энергии и отводом ее в окружающую среду.

Вариант 3):
$$\frac{dE_n}{dt} = \frac{dE_{\text{кооп.}}}{dt} < \frac{dE_{\text{диссип.}}}{dt}$$

Как только выполняется условие 3), то диссипативная структура начинает затухать и разрушаться. Диссипативная система переходит на низшую структуру, например турбулентность переходит в ламинарность. А если затухающая диссипативная структура сложная, например биоструктура, состоящая в свою очередь из совокупности согласованных подпроцессов, подсистем, то такая структура или разрушается совсем, вплоть до равновесного состояния или должна восстановить равновесие соответствующее данной диссипативной структуре.

Принципиальная схема эволюции неравновесных диссипативных систем изображена на рисунке 3.

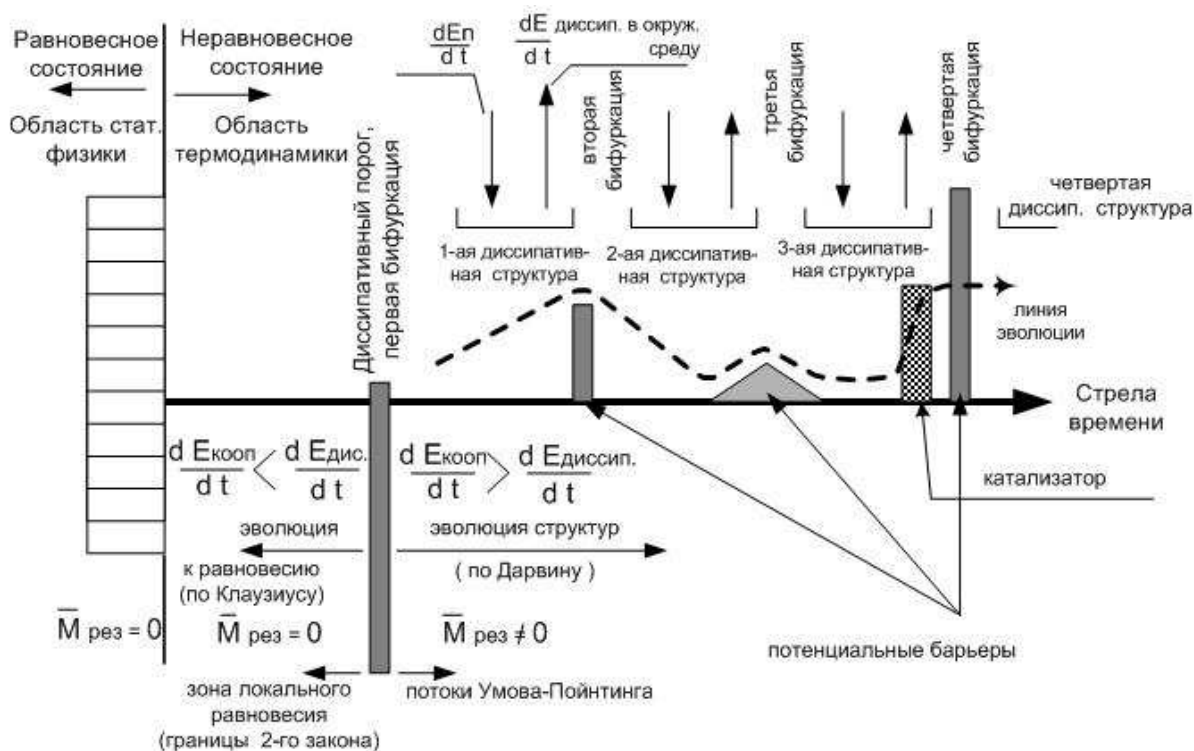


Рис. 3

Вообще применительно к диссипативной структуре необходимо учитывать три мощности. Это суммарная мощность кооперативных потоков энергии Умова-Пойнтинга, она определяется количеством кинетической энергии проходящей через сечение потока в единицу времени. Мощность производства кооперативных потоков энергии Умова-Пойнтинга, этот процесс вызван основным законом динамики. И мощность диссипации кооперативных потоков энергии Умова-Пойнтинга, этот процесс вызван эффектом вырождения результирующего импульса в многочастичной среде.

Диссипативная структура формируется при устойчивом производстве потоков Умова, а не в результате нарастания флуктуаций под воздействием усиливающейся неравновесности, как принято большинством авторов по данной тематике. Случайность, при благоприятном наложении на нарастающую неравновесность, может служить спусковым крючком для начала бифуркации, но не её причиной.

Мощность процесса самоорганизации энергии зависит от величины неравновесности (определяющей величину силы действующей в системе, $F = -grad E_n$) и условий в которых протекает процесс. Если при заданной температурной неравновесности тепло передается через тонкий стержень с плохой теплопроводностью, то это одна мощность теплового потока, если при той же температурной неравновесности тепло передается через большую поверхность с хорошей теплопроводностью, то мощность теплового потока в последнем случае может быть на много порядков больше. Аналогичная ситуация возникает и при любой другой неравновесности. Скажем, неравновесность по электрическому потенциалу, можно с малой мощностью срабатывать через большое электрическое сопротивление, а можно через короткое замыкание вызвать большие мощности. В обоих случаях скачок производства потоков Умова вызван резким снижением диссипативного порога.

Таким образом, у нас имеется возможность управлять процессами самоорганизации и диссипации энергии и преодолевать в ту или другую сторону диссипативный порог, то есть создавать структуру или разрушать её. В связи с этим исключительно важным для существования диссипативной структуры во времени является соблюдение соотношения стабильности. Сложная диссипативная структура, например биоклетка, может состоять из совокупности подсистем или подпроцессов. Но, тем не менее, для каждой подсистемы сложной системы должны выполняться, с определенными допустимыми вариациями, соотношения стабильности (10). Процессы могут носить равномерный или циклический характер, приводящий то к накоплению неравновесности, то к ее срабатыванию. То к накоплению диссипированной энергии и энтропии, то к их сбросу в окружающую среду. Однако с поправкой на время соотношение стабильности должно для стабильно функционирующей структуры выполняться безукоризненно, в том числе и на период видоизменения (например, деления клетки) диссипативной структуры. И сам разброс от соотношения стабильности имеет для каждой структуры свои границы, за пределами которых или новая бифуркация (вариант 2) или разрушение (вариант 3). Следует отметить, что соотношение стабильности определяет соотношение энергетических потоков. Но если в связанных системах (кристалл) реализуются только потоки энергии (фононные потоки), то в системе не связанных частиц потоки энергии сопровождаются и массовыми потоками, обеспечивающими скажем клетку строительным материалом для роста и размножения.

Изменение по каким-либо причинам управляющих параметров процессов, приводят к рассогласованности соотношений стабильности, и диссипативная структура начинает развиваться по варианту 2) или 3) или обязана восстановить соотношения стабильности. При этом управляющие параметры могут влиять как на величину неравновесности системы, то есть на производство кооперативной энергии, так и на величину диссипативного порога, то есть на процесс диссипации кооперативной энергии.

Диссипативная структура представляет собой двуединую сущность, совокупность статической и динамической структур. Статическая структура обеспечивает выход неравновесной системы или её локальной части за диссипативный порог за счёт обеспечения канализации потока или за счёт обеспечения когерентного взаимодействия. А за диссипативным порогом формируются динамические структуры, потоки энергии, имеющие результирующий импульс

отличный от нуля. Динамическая составляющая диссипативной структуры (поток энергии) обеспечивает функциональные возможности диссипативной структуры, то есть работу против внешних сил и против внутренних сил трения, вызванных нецентральной соударением. Всякая диссипативная структура – это двигатель по преобразованию потенциальной энергии неравновесности (в том числе и тепловой) многочастичной системы в кооперативную энергию потоков (в механическую энергию, в работу на языке классической термодинамики). Всякой диссипативной структуре для существования, для выполнения функциональных возможностей необходима механическая энергия и она получается в самой структуре. Собственно производство кооперативной энергии и есть сама сущность диссипативной структуры, её основное свойство. Если в системе создаются условия для преобразования неравновесности в кооперативные потоки, то есть система выходит за диссипативный порог, то начинается процесс преобразования тепла (потенциальной энергии неравновесности термодинамической системы) в работу (в кооперативную энергию потоков, в механическую энергию). Механизм производства кооперативных потоков, способных производить работу, лежит в основе формирования и существования диссипативных структур, обеспечивает их эволюционное развитие.

Рассмотрим это на нескольких примерах:

1) тепловые машины. Всякий двигатель, в том числе и тепловой, превращает потенциальную энергию неравновесности в кооперативную энергию потоков энергии. Причём это обязательно происходит за диссипативным порогом и в рамках соотношения стабильности (10). Если скажем в нарушение соотношения (10) на электростанции закончится топливо, то прекратится производство кооперативной энергии, в том числе по цепочке и электрической, и останутся электродвигатели потребителей. Структура разрушится. Этот простейший пример показывает единство принципов функционирования диссипативных структур и любых, в том числе и тепловых двигателей.

2) гидродинамические потоки. Такие диссипативные структуры как ламинарный и турбулентный потоки и ячейки Бенара являются ни чем иным как двигателями, преобразующими в одном случае неравновесность по давлению в другом неравновесность по температуре в кооперативную (механическую) энергию гидротоков. Причём если для случая допустим ячеек Бенара, при неизменном перепаде температур по сторонам слоя, увеличивать толщину слоя, то ситуация перейдёт в зону локального равновесия, производство потоков энергии Умова прекратится и структура разрушится.

3) биоклетка. Последовательность сменяющих друг друга экзотермических реакций окисления и эндотермических реакций синтеза создаёт в клетке неравновесность по температуре и давлению. Это приводит к возникновению гидродинамических потоков биологического раствора, что и обеспечивает метаболизм в клетке. Причём снижение диссипации кооперативной энергии в клетке и вывод ситуации за диссипативный порог обеспечивается канализацией потока в эндоплазматической сети. В каждой клетке действует биологический двигатель внутреннего сгорания, обеспечивающий функциональные возможности клетки. Скажем, окислительные реакции, протекающие в митохондриях клетки или реакции цикла Кребса, в которых высвобождается и запасается большая часть энергии, по праву получили название – энергетический котёл. В митохондриях локализованы и ферменты, катализирующие окислительные реакции. Подробнее о биодинамике клетки можно прочесть в [19].

В связи с описанными примерами логично встаёт вопрос о компенсации за преобразование тепла в работу, понятии являющемся одним из краеугольных камней термодинамики. Неравновесность (потенциальная составляющая внутренней энергии тепловой системы) преобразуется в кооперативную энергию (механическую работу) благодаря действию основного закона динамики, а компенсация за преобразование тепла в работу вытекает из этого процесса как следствие и вызвана процессами диссипации, действием эффекта вырождения результирующего импульса.

Эта компенсация свойственна всем без исключения диссипативным структурам, так как свойство производства кооперативных потоков – главное свойство диссипативных структур. Это в

равной степени относится и к сегодняшним техническим устройствам, к тепловым двигателям. Но для сегодняшних тепловых двигателей это только часть компенсации за преобразование тепла в работу, причём меньшая её часть.

Не нужно путать компенсацию за преобразование потенциальной энергии неравновесности в кооперативную энергию, вызванную нецентральным соударением, с компенсацией в тепловых машинах работающих с термическим КПД всегда меньшим единицы. Это совершенно разные понятия и явления. Даже когда в классической равновесной термодинамике мы рассматриваем идеальные обратимые процессы, идущие без трения, т.е. без производства энтропии, то и здесь имеем термический КПД значительно меньший единицы. Термический КПД не имеет никакого отношения к диссипации, к универсальным механизмам преобразования неравновесности термодинамических систем в кооперативную энергию. Термический КПД вызван необходимостью затраты механической энергии на работу по проталкиванию рабочего тела в атмосферу, на работу по расширению атмосферы, на работу против сил гравитации. Это технологический недостаток современных тепловых машин, использующих процессы расширения.

Компенсация за преобразование тепла в работу в современных тепловых машинах складывается из двух составляющих:

1) Первая составляющая, вызванная эффектом вырождения импульса или попросту трением. Её доля в современных тепловых машинах определяется как произведение трёх КПД: внутреннего относительного КПД проточной части, электромеханического КПД и КПД потерь теплового потока через поверхности. Эта совокупная доля – малая величина, которую можно стремиться к нулю, снижая диссипативный порог системы.

2) Вторая составляющая вызвана необходимостью производства работы по расширению атмосферы, работы против сил гравитации. Её доля определяется термическим КПД цикла, эталоном которого является КПД Карно. Это львиная доля потерь современных тепловых машин. Кстати естественный отбор Дарвина по эффективности преобразования химической энергии в механическую работу многократно превзошёл инженерную мысль. КПД мышечной деятельности составляет порядка 40% (у черепахи до 80%), что находится в вопиющем противоречии с формулой Карно для перепада температур в живых организмах. Но это легко объясняется тем, что при производстве механической энергии в мышцах в качестве рабочего тела используется водный раствор и его объём в процессе совершения работы практически не меняется, в отличие от газообразного рабочего тела тепловых машин, а значит, не производится работа по расширению атмосферы. В классической термодинамике под компенсацией за преобразование тепла в работу понимается именно вторая составляющая.

В завершение данного раздела вкратце рассмотрим особенности 3-х видов динамики, соответствующих различным видам явлений. Это динамика детерминистских явлений, динамика статистических явлений и динамика эволюционных явлений. Отметим сразу, что закон сохранения и превращения энергии для всех видов динамик имеет равное и решающее значение.

1) Динамика детерминистских явлений. Это динамика малого числа взаимодействующих частиц. В этих явлениях всё определяется основным законом динамики (и законом сохранения результирующего импульса). Система взаимодействующих частиц описывается точно и в пространстве и во времени. Здесь востребовано время – параметр, необходимый для описания быстроты изменений и расчёта моментов взаимодействия. Эффект вырождения результирующего импульса действует и здесь, и даже при взаимодействии только двух частиц. Это хорошо видно из рисунка 1. Но при малом числе взаимодействующих частиц эффект вырождения импульса ни как не влияет на точность описания поведения системы в пространстве и во времени и поэтому не востребован. Особенностью детерминистских явлений является их полная обратимость и как следствие этого обратимо время.

2) Динамика статистических явлений. Динамика огромного (несчётного) числа взаимодействующих частиц. Это явления, в которых неограниченно действует эффект вырождения результирующего импульса, приводящий систему в равновесное состояние, при котором результирующий импульс системы равен нулю. Это основное состояние статистической системы, когда отсутствуют градиенты и, следовательно, силы. В отсутствие сил не производится

работа, нет никаких изменений в системе. Если нет изменений, то нет необходимости измерять быстроту этих изменений, нет необходимости в параметре времени. Детерминистская динамика опускается на микро уровень и не влияет на состояние системы в целом. Макро состояние характеризуется неизменными, статистически усреднёнными параметрами. Изменения носят вероятностный характер и случайным образом флуктуируют возле положения равновесия. Эффект вырождения импульса ограничивает величину неравновесности флуктуаций.

3) Динамика эволюционных явлений. Две рассмотренные выше динамики занимают крайние положения и для реального макро мира по существу являются идеализацией. Реальный макро мир далёк от равновесного состояния и состоит из несчётного числа корпускул в той или иной степени связанных между собой. В нём, в силу неравновесности, постоянно действуют силы, производящие работу и кооперативные потоки и одновременно действует эффект вырождения результирующего импульса, переводящий направленную энергию в хаотическую форму. Это область действия эволюционной динамики, когда энергия системы складывается из двух подсистем. Подсистемы порядка с $\bar{M}_{рез.} > 0$ и подсистемы хаоса с $\bar{M}_{рез.} = 0$. Эволюционная динамика включает в себя и детерминизм и статистику. Причём преимущество влияния той или иной динамики зависит от степени приближения к равновесию. А направление эволюционного развития по Клаузиусу или по Дарвину определяется энергетическим состоянием системы по отношению к её диссипативному порогу.

СТРЕЛА ВРЕМЕНИ

Пригожин И. в [30] пишет: “Можно ли каким-то образом установить связь между столь различными пониманиями времени – временем как движением в динамике, временем, связанным с необратимостью, в термодинамике, временем как историей в биологии и социологии? Ясно, что установление такой связи – задача не из лёгких. И всё же мы живём в единой Вселенной, и, чтобы достичь согласованной картины мира, частью которого мы являемся, нам необходимо изыскать способ, позволяющий переходить от одного описания к другому”.

Проблема времени вызывала интерес с глубокой древности. Во всяком случае с античных времён по сегодняшний день исследователи практически всех направлений уделяли понятию времени самое пристальное внимание.

“Время – фундаментальное измерение нашего бытия. ... В том виде, как оно входит в фундаментальные законы физики от классической динамики до теории относительности и квантовой физики, время не содержит в себе различия между прошлым и будущим! Для многих физиков ныне это вопрос веры: до тех пор и поскольку речь идёт о фундаментальном уровне описания, «стрелы времени» не существует. Тем не менее во всех явлениях, с которыми нам приходится иметь дело, будь то явления из области макроскопической физики, химии, биологии, геологии, гуманитарных наук, будущее и прошлое играют различные роли. Существование стрелы времени здесь очевидно. Каким образом может возникнуть стрела времени из фундаментальной концептуальной схемы физики? Каким образом она может возникнуть из симметричного по времени мира? Или, быть может, воспринимаемое нами время не более чем иллюзия? Эти вопросы приводят к парадоксу времени – центральной теме нашей книги.” [33].

Как представляется автору данной статьи ни какого парадокса тут нет, а есть путаница между понятием промежуток времени, используемым динамикой и понятием момент времени, используемый эволюционными теориями. Сразу хочу оговориться, несмотря на частое цитирование Пригожина и зачастую в противоречие того, о чём говорю сам, это не означает противоречия с концепцией Пригожина. Напротив, я пытаюсь дать ответы на сформулированные им вопросы, да и указываемые противоречия по большей части сформулированы именно им для обоснования его концепции.

Время в динамике процессов и время в эволюции событий – совершенно разные понятия. Именно соединение вместе этих различных понятий и даёт нам стрелу времени или числовую ось времени.

а) ВРЕМЯ В ДИНАМИКЕ ПРОЦЕССОВ

Основная задача динамики, диктуемая её основным законом, заключается в описании движения массы под действием силы. Движение характеризуется, в числе прочего, скоростью (быстротой) движения и именно для определения величины скорости и введено понятие времени (промежутка времени) в динамике. А вот само понятие времени (промежутка времени) в динамике возникает из сравнения скоростей различных, не зависящих друг от друга, процессов.

“В широком смысле слова движение материи есть всякое изменение её”. [37]. Именно для количественного определения быстроты движения (изменения), т.е. определения скорости движения (изменения) и введено понятие времени. “Как и всякая физическая величина, время количественно характеризуется некоторыми числами. Задача прежде всего состоит в том, чтобы выяснить, с помощью каких принципиальных измерительных операций эти числа могут быть получены. Тем самым устанавливается и точный смысл самих этих чисел”. [37].

Прежде всего, отметим, что скорость какого-либо процесса есть количественная величина быстроты движения (изменения) этого процесса. Это величина, поддающаяся замеру и выражаемая некоторым числом. Будем наблюдать за процессами движения двух автомобилей из пункта А в пункт Б. Автомобили начинают движение одновременно и движутся параллельными курсами. У нас нет мерной линейки, нет часов, и мы не имеем представления о времени. Что мы можем выяснить, наблюдая процессы движения автомобилей в таких условиях? Во-первых, мы можем определить, что один автомобиль движется быстрее другого или автомобили движутся с одинаковой быстротой. Наблюдая весь процесс движения, мы можем сказать, что длительность движения одного автомобиля из пункта А в пункт Б больше чем другого или длительность процессов движения автомобилей одинакова. Во-вторых, мы заметим, что быстрота процесса и его длительность находятся в обратной зависимости.

$$\text{Быстрота процесса} = 1/\text{длительность процесса} \quad (11)$$

Если мы будем наблюдать периодические процессы, скажем за качанием двух маятников, то придём к таким же выводам. Для периодических процессов в теории колебаний зависимость (11) приводится в виде: $\nu = 1/T$. Частота (быстрота) колебаний обратно пропорциональна периоду (длительности) колебания.

Из (11) видно, что быстрота процесса и его длительность – величины взаимозависимые, значение одной величины однозначно определяет значение другой. Однако при заданных физических условиях, вызывающих процесс, быстрота процесса определяет его длительность, а не наоборот. Быстрота первична, а длительность вторична. Понятие той или иной длительности (промежутка времени в количественной форме) возникает из соотношения быстрот (скоростей в количественной форме) наблюдаемых процессов. Время возникает как величина кратная скоростям процессов.

В качестве способа измерения промежутка времени, т.е. представления длительности (или быстроты процесса) числом принимается периодический процесс. “Один из способов измерить время – это использовать нечто регулярно повторяющееся, нечто *периодическое*”. [40]. “Под часами понимают любое тело или систему тел, в которых совершается *периодический процесс*, служащий для измерения времени”. [37]. Первым это отметил ещё Аристотель. Почему именно *периодический процесс*? Да по той простой причине, что периодический процесс поддаётся счёту. Для того чтобы измерить какую-либо величину (представить её числом) необходимо ввести меру этой величины: метр для длины, килограмм для массы и т.д. В качестве меры длительности (промежутка времени) вводится длительность одного периода какого-либо периодического процесса принятого за эталон сравнения. Теперь для измерения длительности какого-либо изучаемого процесса и представления этой длительности (промежутка времени) числом необходимо сосчитать количество периодов параллельно протекающего эталонного периодического процесса. Причём к качеству эталонного можно принимать любой периодический процесс. Это не принципиально. Другое дело, что для большей точности замеров необходим по

возможности более равномерный периодический процесс и с возможно меньшей длительностью периода (возможно большей быстротой). Это условие уменьшает погрешности замеров.

Вновь рассмотрим процесс движения автомобиля из пункта А в пункт Б. Пусть теперь у нас имеется мерная линейка - единица длины и эталонный периодический процесс (часы) – единица длительности. В процессе движения автомобиля будем производить процесс замера пройденного пути с помощью мерной линейки и длительность движения, подсчитывая число периодов параллельно текущему периодическому процессу. Получим: $\Delta S = n \cdot l_{\text{длины}}$ (12); $\Delta t = k \cdot l_{\text{длительности}}$ (13); где: ΔS - пройденное расстояние из пункта А в пункт Б, равное числу n мерных линеек; Δt - длительность (промежутки времени) процесса движения автомобиля (процесса замера мерной линейкой) равная числу k периодов (единиц длительности) параллельно текущему эталонному процессу.

Теперь чтобы определить численную величину быстроты процесса движения (быстроты процесса замера расстояния) необходимо согласно (11) изменяющуюся в процессе замера величину разделить на длительность этого процесса. Разделив (12) на (13), получим численное значение быстроты процесса движения автомобиля, его скорость.

Проделав те же операции с другим движущимся автомобилем, мы можем определить численную величину его быстроты движения. И если мы наблюдали за обоими процессами не одновременно, мы, тем не менее, можем сравнивать их быстроту (скорости). Понятие времени в динамике возникло из оценки соотношений быстроты различных процессов. Но быстрота изменений всего многообразия протекающих в природе процессов не поддаётся непосредственному измерению. Быстроту процесса вычисляют косвенно, согласно (11), по его длительности. Длительность же поддаётся замеру через сравнение с длительностью эталонного периодического процесса. С точки зрения динамики нельзя говорить, что движение происходит в пространстве и во времени. В пространстве да, а вот время само следствие движения (изменения), причём относительно движения (изменения) эталонного (выбранного произвольно) процесса. В силу произвольности выбора эталонного процесса бессмысленно говорить об абсолютном мировом времени. Зачем нужны какие-то мировые часы, если мы оцениваем процессы здесь и сейчас. Понятно, что процессы в космологии требуют соответствующих подходов и масштабов, но зачем они нужны при оценке процессов кипения в чайнике. Из всего множества периодических процессов некоторые могут претендовать на большую универсальность, например, так называемые атомные часы. Но из этого не следует абсолютность времени, его самостоятельная сущность.

И уж совсем не допустимо вкладывать единый смысл в понятие времени как динамической категории и в понятие времени как эволюционной категории. Время в динамике возникло из наблюдения и оценки быстроты различных процессов. Время в эволюции это просто событийный ряд, возникающий из наблюдения за окружающим миром. Это то, что было, происходит сейчас или будет происходить исходя из нашего опыта и наблюдений. Эти две категории объединяет в единую временную ось то, что события наступают в результате протекания процессов.

б) ВРЕМЯ В ЭВОЛЮЦИИ СОБЫТИЙ

Эволюция изучает события или иначе видоизменения, метаморфозы, бифуркации, т.е. какие-то резкие качественные изменения наблюдаемой системы, объекта и последовательность этих событий. Наблюдая за событиями, мы можем лишь сказать о том какое событие произошло раньше, а какое позже или они произошли одновременно. Причём вне зависимости то того связаны ли события между собой какой-либо причинно следственной зависимостью или нет. Из простого наблюдения за последовательностью событий возникают понятия прошлого, настоящего и будущего, возникает направление событий. Мы можем говорить о последовательности моментов возникновения этих событий. Но все эти понятия сами по себе не имеют никакого отношения к понятию промежутка времени. Причём в отличие от динамики процессов, где в качестве реальности выступают скорости процессов, а промежуток времени это “иллюзия” отражающая соотношение реальных скоростей, в эволюции событий их последовательность и момент наступления самая, что ни на есть реальность. Объединение столь различных понятий как

промежуток времени в динамике процессов и моментов времени в эволюции событий в единую числовую ось времени возможно по той причине, что события наступают в результате протекания физических процессов. Пусть имеем наблюдаемую последовательность событий. Между событиями протекают процессы, порождающие эти события. Замеряя скорости этих процессов по скорости эталонного процесса, получаем промежутки времени между отдельными событиями в последовательности. Теперь осталось выбрать за начало отсчёта какое-либо событие (сотворение мира, рождение Христа или основание Рима) и числовая ось времени готова.

Далее происходит абстрагирование от конкретной последовательности событий и моменты времени на числовой оси получаются как числа, суммирующие последовательность промежутков времени эталонного хронометра. А моменты времени конкретных реальных событий привязывают к полученной абстрактной числовой оси времени, и тогда мы получаем даты.

Таким образом, равномерный периодический процесс лежит в основе понятия времени. Без него даже эволюционная последовательность событий (если только она сама не равномерна как верстовые столбы) не позволит определить время как аналитическое понятие. Именно по отношению к скорости эталонного равномерного периодического процесса и определяются скорости всех других процессов. Если нет такого эталонного процесса или скорости процессов равны, или при описании процессов не учитывают их скорости, то в такой ситуации параметр времени становится не востребованным. Наглядными примерами являются классическая равновесная термодинамика и преобразования Лоренца. В равновесной термодинамике скорости обратимых процессов принимаются бесконечно медленными, то есть с точки зрения численного анализа равными нулю. А если равны нулю скорости процессов, то и нет нужды во времени как таковом. Преобразования Лоренца специально сконструированы для того, чтобы не допустить скорости большие скорости света. Отсюда та же ситуация, при приближении скорости к скорости света и соответственно выравнивании скоростей время останавливается.

Время, как и число – это интеллектуальная категория, служащая для количественного описания окружающего мира и не более того. Процессы и события для своего протекания и осуществления не нуждаются во времени как таковом. Им всё равно будет где-либо качаться маятник или нет. Всё определяется соотношением сил и энергий. Время необходимо человеку для анализа количественных соотношений между этими величинами, для анализа и оценки процессов и событий, реально протекающих в природе. Время – категория, введённая человеком для познания действительности. Без человека нет времени, а есть процессы и события. Объективность времени определяется не секундами и веками (т.е. промежутками времени) и не датами (т.е. моментами времени), а скоростями процессов и фактами событий, не зависящих от субъекта. Время – интеллектуальное тождество скоростям процессов и фактам событий.

Теперь нужно ответить на самый главный и интригующий вопрос, касающийся времени – это вопрос об не обратимости времени.

в) ФОРМИРОВАНИЕ СТРЕЛЫ ВРЕМЕНИ

Мы уже отмечали, что события наступают в результате протекания тех или иных процессов. Даже само событие есть какой-то процесс со своей динамикой, со своими энерго превращениями. Поэтому что бы ответить на вопрос о возможности или не возможности обратной цепи событий, обратного хода времени, нужно ответить на вопрос о возможности или невозможности обратного течения процессов. Вопрос обратимости или не обратимости времени – это вопрос обратимости или не обратимости процессов в динамике. Последнее является доминантой исследований Пригожина и его коллег по данному вопросу. Обоснуем и докажем правильность этой доминанты.

Сначала об обратимости процессов в динамике Ньютона, динамике малого, счётного числа взаимодействующих частиц. Рассмотрим один из наиболее ярких примеров обратимости процессов в динамике Ньютона – это обратимость движения математического маятника. При качании маятника в ту или иную сторону движения строго повторяются и при описании движения время можно принимать как со знаком плюс, так и со знаком минус. Ни с точки зрения количества, ни с точки зрения качества оба описания не будут противоречить друг другу. Качание

в одну сторону строго противоположно, обратимо качанию в другую сторону. Усложним ситуацию. Рассмотрим цепочку подвешенных на прямой линии достаточно близко друг к другу совершенно одинаковых математических маятников. Отклоним первый маятник, то есть за счёт совершения работы передадим ему потенциальную энергию, и отпустим. Взаимодействие будем описывать законами центрального абсолютно упругого удара. В системе начнётся процесс последовательного соударения и в цепочке возникнет процесс передачи импульса и энергии вдоль цепочки. При этом каждый акт взаимодействия между массами двух маятников сопровождается переходом кинетической энергии в потенциальную и наоборот и совершается работа против силы или силой. Этот процесс будет протекать до последнего маятника. После того как последний маятник отклонится, и энергия системы сосредоточится в потенциальной энергии последнего маятника, весь процесс повторится, но в обратной последовательности, в обратном направлении. Мы растянули процесс во времени, но он остался обратимым. Однако если цепочку маятников предположить бесконечной длины, то процесс передачи импульса и энергии по цепочке станет необратимым. Таким образом, теоретически необратимость процесса возможна и в классической динамике Ньютона, но это не локализованная в пространстве и времени, гипотетическая необратимость.

Необратимость процессов в термодинамике, динамике большого, несчётного числа частиц, напротив, как показывает практика, локализованы и во времени и в пространстве. Причины и условия принципиальной необратимости процессов в многочастичных средах рассмотрены нами выше при описании эффекта вырождения результирующего импульса.

Времени как некоторой субстанции, как чего-то существующего само по себе нет. Есть процессы, протекающие в физической реальности с присущей им быстротой (скоростью) и череда событий, наступающая как следствие протекающих в физической реальности процессов.

Под стрелой времени понимается необратимая череда эволюционных событий. Необратимость событий обусловлена свойствами материального мира, состоящего из несчётного числа движущихся корпускул конечных размеров. Эти свойства порождают через нецентральное соударение эффект вырождения результирующего импульса, диссипацию кооперативной энергии и принципиальную необратимость процессов в термодинамических (диссипативных, статистических) системах.

Время это просто введённая наблюдателем интеллектуальная категория, позволяющая оценивать быстроту (скорость) динамических процессов и фиксировать наступление эволюционных событий.

КОРИДОР И КОНЕЧНАЯ ПРЕДОПРЕДЕЛЁННОСТЬ ЭВОЛЮЦИИ

Как следует из ранее изложенного, эволюционное развитие неравновесных макросистем обеспечивает противоборство между основным законом динамики и эффектом вырождения результирующего импульса в многочастичной среде.

Согласно закона сохранения и превращения энергии всякое изменение (эволюция) в природе происходит под действием сил, совершающих работу. Если нет сил или они не совершают работу, то нет преобразования видов энергии, нет изменений, нет эволюции диссипативных систем. Учитывая что в реальности существует огромное количество разнообразных по величине и природе потенциалов (более 100 химических элементов, несколько миллионов химических соединений на их основе, многообразие физических и иных явлений и образований), то при соприкосновении в силу тех или иных причин этих разных по уровню потенциалов возникают неравновесности, градиенты потенциалов и силы. Появляется возможность в диссипативных системах к совершению работы, изменениям, эволюции. При отмеченном многообразии и изначальной неравновесности природы эволюция диссипативных систем предопределена. Можно говорить об эволюционном детерминизме, базирующимся на фундаментальных законах динамики, в применении к диссипативным средам. Даже порождение хаоса - флуктуации в диссипативной системе или структуре могут способствовать увеличению неравновесности и, стало быть, преодолению потенциальных барьеров, т.е. способствовать образованию структуры или эволюции к другой диссипативной структуре. Когда под действием

внешних или внутренних причин изменение управляющих параметров приводит к формированию новой диссипативной структуры, может появиться, особенно для сложной структуры, несколько разновидностей структуры (различные мутации в биологии) с различной степенью приближения к соотношениям стабильности для данной диссипативной структуры. Выживают те разновидности структуры, которые наиболее активны и устойчивы в рамках соотношения стабильности. В этом заключается закон естественного отбора Дарвина.

В рамках многообразия возможных неравновесностей отмеченных выше, возможно формирование и многообразия диссипативных структур. В этом многообразии и протекают различные линии эволюции от структуры к структуре, которые могут оказывать друг на друга влияние. При всём многообразии возможностей для прохождения линии эволюции, она протекает в рамках своего коридора эволюции. Коридор эволюции определяется величиной потенциальных барьеров статической подструктуры диссипативной структуры. Скажем, в гидродинамическом потоке в качестве таких барьеров выступает прочность канала (трубы) и силы связи между частицами жидкости. Если прочность трубы не достаточна, она разрушается, что приведёт к разрушению диссипативной структуры гидродинамического потока. Величина связи частиц в жидкости влияет на момент начала бифуркации и перехода ламинарного течения в турбулентное. В биологии рамки определяются в числе прочего перепадами температур, в которых возможно протекание биологических процессов. В биологии широк спектр возможных структур и вариантов развития, а значит и возможностей для отбора. Любая линия эволюции, протекающая в границах своего коридора, благодаря отбору стремится к наиболее устойчивой в данных условиях структуре. Этим и определяется конечная предопределённость эволюции в условиях конкретной действительности.

В связи с этим хотелось бы обратиться к давнему спору между последователями креационизма и последователями эволюционной теории. Как представляется автору, Бог выбрал эволюцию в качестве метода творения. Попытаемся обосновать данный посыл. Творцу для реализации замысла необходимы были количественные величины определённых действий, перед началом творения мира. По сегодняшним физическим воззрениям, подготовка к большому взрыву. Причём большой взрыв замышлялся и подготавливался таким образом, что бы на определённом этапе становления восторжествовал антропный принцип. То есть уже на подготовительном этапе встал вопрос о количественном измерении величин, которое всегда сопровождается погрешностями. Принципиальная неизбежность погрешности кроется в понятии иррационального числа, в принципиальной несовместимости длин (величин) некоторых сущностей. Это особенность геометрии физического пространства, в котором реализовывался замысел Творца. Погрешность можно сделать сколь угодно малой, но исключить нельзя в принципе. Причём эта погрешность при практических действиях будет сколь угодно малой, но конечно малой, а не бесконечно малой. По этой причине, учитывая масштабы сингулярной точки (точки творения) и масштабы сегодняшней Вселенной, период её становления и совокупность её элементарных взаимодействий за этот период, становится ясным, во что разрастётся неизбежная первоначальная погрешность и насколько она отклонит результаты процессов становления от замысла. С целью исключения этого развития событий Творцом и был избран эволюционный метод творения. Причём эволюционные процессы протекают в рамках коридора эволюции, который направляет эволюционные процессы к конечной цели замысла. Всё, что не вписывается в рамки коридора эволюции, гибнет. Потенциальные барьеры коридора эволюции определяются в конечном итоге фундаментальными физическими константами. Причём и сами фундаментальные константы имеют неизбежные погрешности, которые на определённом этапе перестанут отвечать требованиям становления замысла. Отсюда, реализация замысла должна наступить раньше этого периода. Но это на взгляд человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изложении теории диссипативных структур всячески подчёркивается, что это открытые системы с достаточно интенсивным обменом с окружающей средой, всячески противопоставляют эти системы закрытым системам, изучаемых механикой. Тем самым как бы

противопоставляют сильно неравновесную термодинамику (синергетику) классическим разделам физики. Закрытые системы это чистая абстракция, которая необходима для применения к изучаемой системе законов сохранения, в том числе важнейших из них – закона сохранения и превращения энергии, сохранения результирующего импульса и закон энтропии, сформулированные для замкнутых систем. Поэтому, когда мы говорим о системе состоящей из открытой диссипативной структуры и окружающей среды, то фактически формируем закрытую систему, что и позволяет нам оперировать основными законами.

Всё многообразие форм и непрерывных качественных и количественных превращений окружающего макромира есть результат действия сил, обеспечивающих потенциальные барьеры и потоки энергии, совершающих работу по их преодолению.

Динамическая структуризация макромира осуществляется потоками энергии Умова-Пойнтинга. Именно потоки энергии составляют основу диссипативных структур, формируя совместно с потенциальными барьерами их пространственно-временную устойчивость и направление эволюционного развития. Пространственная локализация определяется конфигурацией потенциальных барьеров, а временная устойчивость зависит от высоты потенциальных барьеров. Пространственно-временная локализация потоков энергии и их структурирование протекают в рамках соотношения стабильности. Учение Умова – основополагающее учение динамического макромира, состоящего из микро корпускул, именно потоки энергии Умова лежат в основе эволюции. Удивительно и не понятно, что без малого и через 150 лет это великое учение не получило должной оценки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В.Ф. и др. Биофизика. /Антонов В.Ф. Черныш А.М., Пасечник В.И., Вознесенский С.А., Козлова Е.К.) - М.: “Владос”, 2003г., 288с.
2. Базаров И.П. Термодинамика. - М.: “Высшая школа”, 1991г., 376с.
3. Байер В. Биофизика. Введение в физический анализ свойств и функций живых систем. – М: Издательство иностранной литературы, 1962г., 431с.
4. Беккер Р. Теория теплоты. / Пер. с нем. А.М. Гармизо и В.С. Ефремцева. – М.: “Энергия”, 1974г., 504с.
5. Власов В.В. Основы векторной энергетике. М.: Буркин. 1999г. – 124с.
6. Гельфер Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики. – М.: “Высшая школа”, 1969г. - 476с.
7. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. – М.: “Мир”, 1973г., 280с.
8. Долгов М.А., Косарев А.В. Взаимодействие эластического и гидродинамического компонентов в процессе сокращения и расслабления мышечного волокна. // Вестник Оренбургского государственного университета №12(79), Оренбург, РИК ГОУ ОГУ, 2007г., с. 106-112. http://vestnik.osu.ru/2007_12/21.pdf
9. Ерёмин Е.Н. Основы химической термодинамики. – М.: “Высшая школа”, 1978г., 391с.
10. Исаев С.И. Курс химической термодинамики. – М.: “Машиностроение”, 1975г., 256с.
11. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. Из-во "Наука", 1976г., 480с.
12. Киреев В.А. Краткий курс физической химии. – М.: “Химия”, 1978г., 624с.
13. Киттель, Рейф и др. Берклиевский курс физики. ТТ.1; 5. – М.: Наука, 1972г. Т.1, 480с., Т.5, 352 с.
14. Климонтович Ю.Л. Критерии относительной степени упорядоченности открытых систем. // УФН, ноябрь 1996г., Т. 166, №11.
15. Косарев А.В. Динамика эволюции неравновесных диссипативных сред. – г. Оренбург, ИПК “Оренбурггазпромпечатъ”, 2001г. - 144 стр.
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001c/00161990.htm>
16. Косарев А.В. Природа компенсации за преобразование тепла в работу. // Доклады 4 Российской научной конференции “Векторная энергетика в технических, биологических и социальных системах”, том 2, Балаково, 2001г. – с.34-42.

www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/4287.html

17. Косарев А.В. Закон роста энтропии как следствие эффекта вырождения результирующего импульса и двойная природа второго закона термодинамики. // Вестник Оренбургского гос. ун-та – 2003, №7. – с.177-181. http://vestnik.osu.ru/2003_7/39.pdf

18. Косарев А.В. Диссипативные структуры: основное свойство, условия формирования, стабильности, бифуркации и разрушения. // Научные труды 9 Межвузовской Российской научной конференции “Векторная энергетика в технических, биологических и социальных системах”, Балаково, 2007г. – с.93-106.

19. Косарев А.В. Биодинамика, механизм и условия производства кооперативных потоков энергии в биологических структурах. // Вестник Оренбургского гос. ун-та. – 2004, №6 – с. 93-99. http://vestnik.osu.ru/2004_6/17.pdf

20. Косарев А.В. Время в динамике процессов и в эволюции событий. Доклады 6 Российской научной конференции “Векторная энергетика в технических, биологических и социальных системах”, Саратов, Из-во СООО “АН ВЭ”, 2003г., с. 32-37.

21. Косарев А.В. Самоорганизация векторных потоков энергии при свободной конвекции. Доклады шестой Российской научной конференции “Векторная энергетика в технических, биологических и социальных системах”, Саратов, Из-во СООО “АН ВЭ”, 2003г., с. 38-41.

22. Косарев Н.А., Косарев А.В. Получение ячеистой структуры Бенара методом вибрационного воздействия. // Сборник трудов 8 Российской научной конференции “Векторная энергетика в технических, биологических и социальных системах”, Саратов, Из-во СООО “АН ВЭ”, 2005г., с. 95-96. www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8753.html

23. Косарев А.В. Механизм возникновения турбулентности в потоке жидкости. Материалы Всероссийской научно - технической конференции: “Современные проблемы математики и естествознания”, Нижний Новгород: Нижегородский научный и информационно-методический центр “Диалог”, 2008г., с. 17-18.

24. Косарев А.В., Долгов М.А. Фононный поток в структуре нервного импульса. // Вестник Оренбургского государственного университета №5(86), Оренбург, РИК ГОУ ОГУ, 2008г., с. 115-121. http://vestnik.osu.ru/2008_5/19.pdf.

25. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: “Наука”, 1970г., 904с.

26. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. – М.: “Мир”, 1979г., 316с.

27. Ноздрев В.Ф., Сенкевич А.А. Курс статистической физики. – М.: “Высшая школа”, 1969г., 288с.

28. Осипов А.И. Самоорганизация и хаос. – М.: Знание, 1986г. – 64с.

29. Пискунова Н.Н. Кинематические волны плотности ступеней на поверхности растущего кристалла: порядок через флуктуации. // Материалы 4 Международного минералогического семинара: Теория, история, философия и практика минералогии, Сыктывкар, Геопринт ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН, 2006г. – с.272-274.

30. Пригожин И. От существующего к возникающему: время и сложность в физических науках. – М.: “Наука”, 1985г. – 327с.

31. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. – М.: Изд-во иностр. лит., 1960г., 128с.

32. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. – М.: “Прогресс”, 1986г.

33. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М.: Прогресс, 1994г. – 272с.

34. Путилов К.А. Термодинамика. – М.: “Наука”, 1971г., 377с.

35. Самойлов В.О. Медицинская биофизика. – Санкт-Петербург: “СпецЛит”, 2004г., 496с.

36. Семёнов С.Н. Биофофоника для медиков и биологов. Введение в квантово-фононную биологию. <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10050.html>

37. Сивухин Д.В. Общий курс физики. ТТ.1; 2. – М.: “Наука”, 1979г., Т.1, 520с., Т.2, 552с.

38. Термодинамика биологических процессов. АН СССР, институт биологии развития. Из-во “Наука”, 1976г.

39. Трубецков Д.И. Турбулентность и детерминированный хаос. Соросовский образовательный журнал N1(26) за 1998 год.
40. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Т-1 и 2.- М.: Мир, 1977г. - 440с.