

## К ТЕОРИИ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СИСТЕМ

А.А.Борисенко, проф.

Теория систем, как наука, возникла в современном виде с появлением кибернетики во второй половине двадцатого столетия и сразу дала всходы во многих областях науки и техники. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации в научных статьях и книгах [1, 2].

Однако самым интересным приложением теории систем является появление относительно недавно новой науки, названной синергетикой, которая почти сразу же стала претендовать на роль науки наук, рассматривая в ряде случаев кибернетику, как свою составную часть. И на это есть определенные основания. Кибернетика не брала на себя смелость выхода за пределы живых и искусственных систем, а синергетика начинает свои исследования с большого взрыва, породившего около 20 млрд лет назад нашу Вселенную. Она ищет глубинные причины саморазвития как живой, так и неживой материи и пытается найти наиболее общие законы такого развития. Поэтому в общем плане этой наукой сегодня занимаются в первую очередь философы, а не естествоиспытатели. Однако наибольший научный эффект, по-видимому, мог бы дать симбиоз ученых разных направлений, так как философский подход ограничен и прежде всего потому, что в силу только качественного анализа идей синергетика не дает практического выхода. Многие естествоиспытатели в своей научной и практической деятельности интуитивно используют некоторые идеи синергетики, которые при их сознательном применении могли бы дать более значительные результаты. Со временем в силу мощного научного заряда новых идей синергетики это положение без сомнения будет изменено и идеи синергетики станут достоянием естественных и технических наук.

Основная идея синергетики или теории самоорганизующихся систем в понимании автора состоит в том, что системы неживой и живой природы, а также многие искусственные системы, созданные человеком, представляют собой открытые неравновесные образования и, так как они содержат определенный запас информации о своей структуре и окружающей среде, обладают способностью к самосохранению и соответственно определенной устойчивостью по отношению к неблагоприятным воздействиям окружающей среды. Второй закон термодинамики для открытых систем при этом считается неприменимым. В результате системы не деградируют и не сливаются с окружающей средой, а в ряде случаев даже усложняются. Это возможно потому, что открытая неравновесная система все время потребляет энергию и информацию извне и тем самым противодействует разрушительным тенденциям в ней.

Такой подход достаточно логичен и подкреплен многими примерами из практики. Однако он имеет и существенные недостатки.

Прежде всего деление природных систем на открытые и закрытые не отражает реальных условий. В окружающей нас природе нет закрытых систем. Можно лишь говорить о той или иной степени их “закрытости” или “открытости”. Но интересно другое, что именно в открытых системах наблюдаются явления, которые приписывают закрытым - их разрушение и деградация. Причиной этого есть если не второй закон термодинамики, утверждающий о стремлении термодинамических систем к равновесию, то какой-то другой с аналогичным действием. Попытка отказать этому закону во всеобщности для любых систем, в том числе и “сильно открытых” не имеет под собой реальных оснований.

Разрушение открытых систем наблюдается везде - умирают люди, государства, разрушаются машины и здания, исчезают горы и моря. Все сущее рано или поздно погибает. Когда-то погибнет земля и солнце. И сколько бы энергии и информации не поступало в открытую систему, она все равно погибнет. В окружающей нас природе нет ничего вечного.

Другими словами второй закон термодинамики плохо согласуется с идеями синергетики об открытых системах и самый простой путь избавиться от него - это распространить его действие только на несуществующие закрытые системы.

На самом же деле именно второй закон термодинамики является определяющим для самоорганизации природных систем, к которым относится человек и человеческое общество [3].

К сожалению прогресс в природе происходит с помощью этого закона не гуманным путем, а за счет гибели уже существующих неравновесных систем. Именно эти системы являются “пищей” других нарождающихся более высокоорганизованных систем и в этом суть прогресса.

Прогресс движется вперед в прямом смысле по трупам.

Что такое уголь - это останки растений. Римская империя погибла, породив после себя новую цивилизацию, которая впитала в себя лучшие ее достижения. Возьмем гумус, который сегодня кормит все население земли. Ведь это кладбище живых существ и растений. Где делись динозавры, бронтозавры и другие завры? Они у нас под ногами. Они 100 млн лет делали свое дело - подготавливали для нас почву. Ведь когда-то на земле не было гумуса, а только песчанники и глина. Текли в море красные реки и только выход с мирового океана первых живых существ и растений привел к появлению плодородной почвы. И человеческая жизнь подчинена прогрессу. Смысл нашей жизни - создать более высокую организацию природы в будущем. И ради этой цели идут войны, погибают люди. Все, что мешает ее достижению, уничтожается. Такой закон природы. Должно выжить лишь только то, что способствует прогрессу. Нужно было ради прогресса погубить всех динозавров - их не стало; уничтожить государства ацтеков и инков - это было сделано. Цель оправдывает средства - это девиз природы. Выживает сильнейший, более хорошо приспособленный, организованный.

Таким образом, в окружающей нас природе существуют только открытые системы. После их, вызванной работой, гибели возникают новые более прогрессивные системы и в этом просматривается закономерность - прогресс через катастрофы и смерть.

Катастрофы обладают своими точками на шкале времени, которые носят название бифуркаций (раздвоение) [4]. После точки бифуркации и следующей за ней катастрофы система снова вступает в период эволюционного развития, затем снова катастрофа, смерть и новая эволюция.

Зададим ряд вопросов, на которые должна ответить синергетика:

1. Почему материя обладает способностью к самоорганизации?
2. Что в рамках синергетики представляет собой информация и энтропия?
3. Что такое сложность и какая связь этого понятия с информацией, энтропией и организацией?
4. По каким внутренним законам происходит замена старых структур новыми, более высокоорганизованными?
5. В чем суть созидательного начала хаоса?
6. В чем новизна синергетического подхода к самоорганизации по сравнению со старым?
7. Что такое обратимая и необратимая, линейная и нелинейная система в четких и ясных формальных определениях?
8. Может ли существовать порядок без беспорядка, и наоборот?
9. Можно ли моделировать синергетические явления на ЭВМ?
10. Какая взаимосвязь между энергией, энтропией и информацией?
11. Что подводит систему к точке бифуркации?
12. Что такое упорядоченность и неупорядоченность системы?
13. Что такое жизнь с точки зрения синергетики?
14. Что принципиально нового дала синергетика по сравнению с известными теориями систем?

15. Что понимает синергетика под ценностью информации?
16. Почему система распадается и что влияет на скорость ее распада?
17. В каком состоянии находилась материя в начале эволюции природы?
18. В каком отношении находится синергетика и религия?

Обстоятельные и хотя бы частично формализованные ответы на эти вопросы помогли бы в значительной мере установить справедливость, или наоборот ошибочность существующих взглядов в синергетике на основные процессы самоорганизации систем.

Но если в окружающей природе второй закон термодинамики проявляется как разрушитель систем с любым уровнем организации, то должен быть фактор, который противодействует этому закону и позволяет строить системы со все более высоким уровнем организации. При чем особенность этого фактора состоит в том, что он работает во взаимодействии со вторым законом термодинамики.

Сначала происходит разрушение старой системы, затем вступает в действие организующий фактор, строящий новую более организованную систему, которая со временем также разрушается и на ее обломках создается следующая. Это и есть процесс развития, представляемый схемой: эволюция - катастрофа (революция) - эволюция. А это значит, что второй закон термодинамики, разрушая, созидает, так как он подготавливает почву для эволюции, которая всегда связана с прогрессом. Так крестьянин, взрыхляя, разрушает почву и, затрачивая на это энергию, подготавливает новый урожай, который без такой работы был бы невозможен.

Однако остается открытым вопрос, что же это за фактор, который противодействует разрушению систем и создает новые системы? На сегодня наука не имеет на это точного ответа.

В качестве гипотезы, которая требует дальнейшей всесторонней проверки, выдвигается следующая - таким исходным организующим фактором было и есть гравитационное поле, которое совместно с энергетическим полем в процессе эволюции видоизменялось в различные производные поля и в конечном итоге образовало вещество.

Гравитационные поля порождают информацию для систем различного уровня организации и поэтому будем называть их и производные от них виды полей информационными.

Информационные поля в отличие от энергетических полей имеют ограничительный (запретительный) характер и придают различным системам структуру и форму. Кроме того они обеспечивают работоспособность систем.

Рассмотрим взаимодействие информационных и энергетических полей на довольно часто приводимом в учебниках примере.

С помощью определенного количества энергии произведен бросок твердого предмета (снаряда) вверх от земной поверхности. Этот предмет поднимается в обычных условиях до определенной высоты, там останавливается и начинает со все возрастающей скоростью падать на землю. При соприкосновении с землей он вернет ей всю оставшуюся у него после падения энергию.

В данном случае запретительным или информационным фактором для системы земля-снаряд будет гравитация. Она, противодействуя энергетическому фактору, не дает вырваться снаряду в обычных условиях за пределы атмосферы земли и тем самым организует данную систему, уменьшая ее энтропию и соответственно свободу движения снаряда. Эта информация позволяет построить теорию поведения снаряда в условиях гравитации (баллистику), в которой бы не было необходимости без наличия гравитационного поля земли.

Итак, в природе существуют информационные и энергетические поля. В процессе их взаимодействия происходит самоорганизация систем и прогрессивное развитие окружающей нас природы.

Следует особо подчеркнуть, что без второго закона термодинамики прогресс в природе невозможен. Кто-то же должен разрушить старые, застывшие формы и

взрыхлить почву для новых более организованных систем, строящихся с помощью информационных полей.

Важным вопросом при построении систем любой природы является оптимальное количественное соотношение в них энтропии и информации с точки зрения эффективности системы.

Для ответа на этот вопрос рассмотрим некоторую произвольную систему, состоящую из элементов - атомов, молекул, предметов, каждый из которых может иметь одно из  $N$  состояний. Энтропия этой системы при отсутствии упорядочивающих (информационных) факторов

$$H^* = \ln m^n = \ln N, \quad (1)$$

где  $N = m^n$  - число состояний исходной системы.

При наличии упорядочивающих факторов подвижность некоторых из  $n$  элементов системы будет ограничена, и энтропия системы снизится до энтропии системы, имеющей  $M < N$  степеней свободы (состояний), то есть до

$$H = \ln M. \quad (2)$$

В результате в исходной системе появится информация

$$J = \ln N - \ln M \quad (3)$$

и соответственно способность выполнять работу.

Эта информация определяет степень организованности физических систем, приходящееся на одно состояние из их общего числа, равного  $M$ .

Количество информации, требуемое для представления всех состояний системы, очевидно будет равно

$$I = MJ = M(\ln N - \ln M). \quad (4)$$

Величина  $I$  оценивает степень организованности и работоспособности системы и соответственно ее эффективность.

Ее экстремальное значение

$$I_{\max} = \frac{N}{e} \quad (5)$$

при  $M = \frac{N}{e}$ .

В результате получен ответ на поставленный выше вопрос.

При  $M=1$  из выражения (4) следует, что  $I = \ln M$ . Эта система вследствие отсутствия в ней энтропии не имеет свободы выбора. Это сверхорганизованная система. Она не способна производить какую-либо работу, а значит обладает нулевой эффективностью.

При  $M=N$   $I=0$  будет получена система, в которой отсутствует какая-либо организация - дезорганизованная система. Отсутствие в ней информации, а значит какого-либо порядка приводит также к ее нулевой эффективности. В точке  $M=N/e$  система достигает своего возможного максимума работоспособности.

В итоге делаем вывод, что любая система должна оцениваться соотношением содержащейся в ней энтропии и информации. Причем, если количество информации в

системе таково, что величина  $l$  находится слева от экстремальной точки, то в процессе саморазрушения система может попасть в эту точку и даже временно повысить свою эффективность перед тем, как разрушится окончательно. Из выражения (4) следует также и то, что некоторые системы рождаются в точке  $M=1$ , достигают своего максимального развития в точке  $M=N/e$  и погибают в точке  $M=N$ .

Самоорганизующиеся системы должны в процессе своего функционирования как можно дольше находиться возле оптимальной точки, в чем и состоит задача их оптимального самоуправления. В конкурентной борьбе за существование выживают только те системы, которым удастся более эффективно осуществить это под их воздействием разрушающихся факторов. Однако рано или поздно любая система под воздействием уйдет от экстремальной точки вправо и при  $M=N$  разрушится окончательно.

Вышесказанное касается окружающих нас систем. Однако имеется два исключения, на которые следует обратить особое внимание: система А, не обладающая энтропией (сверхорганизованная система) при  $M=1$ , и полностью неупорядоченная система В с  $M=N$  и соответственно количеством информации  $I=0$  (дезорганизованная система).

Система А, из которой изгнана энтропия, а значит и энергия - это система, которая в принципе может существовать вечно. Существуют ли в природе такие или подобные системы? В окружающей нас действительности таких систем пока не обнаружено, а вот гипотетические космические объекты с подобными свойствами возможно существуют. Это так называемые черные дыры. В них время почти остановлено, там властвует гравитация, которую мы выше определили, как первооснову информации.

Черную дыру можно представить в виде стягивающегося к точке объекта, в котором содержится обездвиженное гравитационное (информационное) поле. Исходя из вышесказанного, можно предположить, что крайняя левая точка уравнения (4) представляет собой модель такой черной дыры, представляющую собой сверхорганизованную систему.

Система В - это прямая противоположность системы А, отражена крайней правой точкой уравнения (4). Там царствует энергия, энтропия и отсутствует какая-либо информация, а значит и гравитация. Процессы там протекают мгновенно и с бесконечной скоростью. Это дезорганизованная система.

Система В - это есть энергия в чистом виде. В окружающей нас природе такие системы не встречаются. Они всегда связаны с веществом, то есть информацией (гравитацией). В чистом виде энергия может возникнуть только возле такого гипотетического космического объекта как черная дыра в виде энергетического волнового пространства, частота волн которого стремится к бесконечности.

Допустим по какой-то причине, которую сейчас мы не исследуем, произошло соединение энергетической оболочки дыры с ее содержимым. В результате крайнее значение величины  $l$  в дыре выйдет на внутреннее значение кривой (4) и родится обладающее структурой вещество.

Приведенная интерпретация уравнения (4) является гипотезой, которая требует дальнейшего более обстоятельного обоснования с учетом всех последних достижений науки. Однако при кодировании информации в цифровых устройствах и системах уравнение (4) может иметь практическое значение [5]. Возможно также использование его в экономических теориях при определении оптимального соотношения порядка и беспорядка в рыночных отношениях [6].

Небесполезно это выражение также при решении ряда математических задач, в частности,  $NP$  - трудных, где соотношение порядка и беспорядка играет важную роль. Не исключено использование его при анализе физических систем различной природы [7] и при решении биологических и медицинских задач, например, связанных с вопросами старения и продления жизни человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дружинин В.В., Контров Э.С. Системотехника.-М.: Радио и связь, 1985. - 200с.
2. Николаев В.И., Брук В.М. Системотехника: Методы и приложения.-Л.: Машиностроение, 1985. - 199 с.
3. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе. Пер. с англ.-М.: Мир, 1987.-224 с.
4. Арнольд В.И. Теория катастроф.-М.: Изд-во МГУ, 1983. - 80 с.
5. Борисенко А.А. О некоторых аспектах современной теории информации. Вестник СумГУ, 1994. - № 1 - с.93-96.
6. Борисенко А.А., Телетов А.С. О связи необходимости и разнообразия в сложных системах. Вестник СумГУ, 1997. - № 7 - с.103-104.
7. Борисенко А.А. Об информационных характеристиках кибернетических и физических систем. Вестник СумГУ, 1997. - № 7 - с.171-173.