

Глава I

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ САМООРГАНИЗАЦИИ

Наиболее точная модель управления известна с античных времен. Это «гиберно» – корабль. В нем объединяются в систему люди и техника. Во главе корабля – капитан – «кибернет». Отсюда появились понятия «губернатор» и «кибернетика». Корабль – это математически выверенная модель предприятия. В управлении переплетаются закономерности: организационно-психологические, социально-экономические, социально-психологические.

Суть управления заключается в организации и направлении человеческой энергии к определенной цели. Объектом управления являются человеческие поведенческие аспекты организации, проявляющиеся в конкретном кадровом составе, стиле и навыках. Поэтому одной из главных задач управления является структурирование организации и ее кадров.

Управление представляет собой поток трех взаимодействующих переменных: определение курса действий, принятие решений, исполнение.

Система управления зависит не только от степени сложности производства, но и в значительной мере от степени изменчивости окружающей среды. В зависимости от этого, менеджер должен обладать определенным типом мышления, обеспечивающим эффективное решение возникающих проблем и вытекающих из этих проблем задач.

Процесс управления можно определить как совокупность отдельных видов деятельности, направленных на обеспечение функционирования и развития системы в интересах достижения стоящих перед ней целей. В процессе управления решаются две задачи:

- тактическая, связанная с поддержанием устойчивости и взаимодействия всех элементов системы;
- стратегическая, обеспечивающая развитие и совершенствование системы, перевод ее в качественно иное состояние.

Как мы уже увидели выше, процессы формирования структур в открытых системах, т. е. в системах, обменивающихся веществом и энергией с окружающей средой, являются предметом изучения теории самоорганизации.

Может возникнуть вопрос: что означает **управление** организацией (а в нашем случае – вузом) как сложной социально-экономической системой **на основе теории самоорганизации**?

И здесь необходимо рассмотреть содержание понятия «управление», которое может включать в себе ряд следующих определений.

Управление как наука – система упорядоченных знаний в виде концепций, теорий, принципов, способов и форм управления.

Управление как искусство – способность эффективно применять данные науки **управления** в конкретной ситуации.

Управление как функция – целенаправленное информационное воздействие на людей и экономические объекты, осуществляемое с целью направить их действия и получить желаемые результаты.

Управление как процесс – совокупность управленческих действий, которые обеспечивают достижение поставленных целей путем преобразования ресурсов на «входе» в продукцию на «выходе».

Управление как аппарат – совокупность структур и людей, обеспечивающих использование и координацию всех ресурсов социальных систем для достижения их целей.

В этой главе мы остановимся на первом определении управления – как науки – системы упорядоченных знаний в виде концепций, теорий, принципов, способов и форм управления. В данном случае **управление вузом на основе теории самоорганизации** будет означать, что в разрабатываемую нами систему упорядоченных знаний в виде концепций и теорий будут включены и основные положения теории самоорганизации, универсальность которых будет способствовать наилучшей интерпретации процесса перехода вуза в новое качественное состояние, а также выработке соответствующих принципов, способов и форм управления им.

Далее мы обратимся к содержанию и другим определениям понятия «управление».

Естественно, применение понятия «самоорганизация» в естественных науках и социоэкономических процессах отличается. Как выразился К. Майнцер в докладе, сделанном на Международном синергетическом форуме в 1996 г. в Москве это «отнюдь не означает какой-либо “социальной физики” или скользких аналогий между социальными и физическими науками». По мнению автора, использование теории самоорганизации имеет своей целью создание «математических моделей с нелинейной динамикой и хорошо определенными социоэкономическими параметрами – моделей, призванных помочь в решении сложных проблем организации, прогнозирования и принятия решений». И с мнением К. Майнцера, на наш взгляд, трудно не согласиться.

1.1. Причины и общие закономерности самоорганизации

Среди великих научных достижений XIX в. два удивляют нас своей противоположной направленностью. Это эволюционная теория Ч. Дарвина и феноменологическая термодинамика. Первая обосновала развитие живой материи от низших форм к высшим, то есть усложнение организации в процессе эволюции. Вторая предсказывает дезорганизацию или разрушение изначально заданной структуры в изолированной системе при эволюции к равновесию. Таким образом, эволюционная идея XIX в. возникла в двух прямо противоположных формах – в виде «создания структуры» Ч. Дарвина и теории «разрушения структур», которой, в сущности, является классическая термодинамика.

А. И. Осипов «Самоорганизация и хаос: (Очерк неравновесной термодинамики)»

Может возникнуть вопрос: почему в качестве эпиграфа экономического исследования вынесено столь образное высказывание? Ведь обе эти теории

подтверждены огромным количеством экспериментов, фактов, однако, отражая единую физическую реальность, кажутся не связанными между собой. Возникшая проблема дополнения классической термодинамики отсутствующей теорией «создания структуры» принадлежит к числу фундаментальных проблем естественных наук. И процессы формирования структур в открытых системах, т. е. в системах, обменивающихся веществом и энергией с окружающей средой, в течение последних 40 лет вызывают интерес и пристальное внимание физиков, химиков и биологов. А прежде чем ответить на вопрос, что такое самоорганизация, и определить меру ее применимости в экономике, необходимо исследовать причины и общие закономерности самоорганизации. Ясно, что ответ на этот вопрос может содержаться в термодинамике, точнее в термодинамике необратимых процессов, или, как ее часто называют, в неравновесной термодинамике.

Неравновесная термодинамика

Термодинамика необратимых (неравновесных) процессов – это физическая теория макроскопического описания этих процессов. Ее основной задачей является количественное изучение неравновесных процессов для состояний, не слишком сильно отличающихся от равновесного, в частности определение скоростей неравновесных процессов в зависимости от внешних условий. Необходимо отметить, что общая теория протекания необратимых процессов во времени пока еще не создана, удалось описать лишь общий класс явлений, типичный для состояний, мало отличающихся от равновесных.

Хронология развития неравновесной термодинамики подробно изложена в исследовательской литературе¹. Интересным является тот факт, что первые работы, положившие начало классической термодинамике и термодинамике необратимых процессов, появились практически в одно и то же время: в 1822 г. была опубликована работа Ж. Б. Ж. Фурье «Аналитическая теория тепла», в которой фигурировало понятие времени и производных по времени, а в 1824 г. – работа Н. Карно «Размышления о движущейся силе огня», в которой понятие времени не содержалось.

Развитие этих двух направлений термодинамики в дальнейшем происходило независимо. И прошло много времени, прежде чем стало очевидно, что термодинамика является, по сути, термостатикой. Только в 1931 г. был сделан решительный шаг в развитии неравновесной термодинамики: Л. Онсагер выдвинул принцип, обобщающий физические соображения, используемые при выводе уравнений типа Фурье.

После второй мировой войны работы ученых голландско-бельгийской школы (И. Пригожин, С. де Грот, П. Мазур и др.) положили начало бурному развитию термодинамики неравновесных процессов.

¹ Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). – М.: «Знание», 1986. Серия «Физика», № 7.

Стационарные неравновесные состояния

Как известно из классической термодинамики, при изоляции физической системы от внешних воздействий с течением времени она начинает стремиться к состоянию равновесия, которое характеризуется максимумом энтропии. Но могут существовать так называемые граничные условия, которые при наложении на систему, не позволят ей достичь равновесия. Например, для атмосферы Земли, таким граничным условием является существование быстрых атомов, молекул или ионов. Уход их из ее верхних слоев в космическое пространство (явление убегания атмосферы) при скоростях выше второй космической скорости (11,2 км/с) не позволяет газу без стенок находиться в равновесии, которым и является атмосфера.

При не зависимости граничных условий от времени (поддержание постоянного перепада температур или разности давлений в системе) достигается стационарное, неравновесное состояние или просто стационарное состояние. Стационарное состояние и равновесие не являются тождественными понятиями, так как равновесие, как уже говорилось, характеризуется максимумом энтропии или равенством нулю производства энтропии.

Во многих областях физики встречаются и играют огромную роль стационарные состояния. Это обусловлено тем, что системы, подвергающиеся постоянным (или почти постоянным) внешним воздействиям, подавляющую часть времени проводят в стационарном состоянии.

Например, в гидродинамике изучаются течения при постоянном перепаде давления или при фиксированных температурах на граничных поверхностях, как при полете самолета или обтекании модели в аэродинамической трубе. В химической технологии большинство процессов также проходит в стационарных условиях. Поступающие в систему из внешней среды реагенты преобразуются в продукты, которые забираются из системы и снова возвращаются во внешнюю среду. Если концентрации промежуточных соединений не меняются со временем, возникает стационарное состояние.

Можно сказать, что стационарные состояния являются этапом в эволюции системы к равновесию. Стационарные состояния существуют в ограниченном интервале времени. При выходе из этого интервала стационарные состояния начинают медленно эволюционировать в другие стационарные состояния или к равновесию.

Если стационарные равновесные состояния характеризуются, как уже говорилось, максимумом энтропии, то возникает вопрос: каким экстремальным свойством характеризуется стационарное неравновесное состояние? (Для большей конкретизации и иллюстрации ответа на этот вопрос прерывные системы, фонтан-эффект и механокалорический процесс в гелии и непрерывные системы, термодиффузионное разделение изотопов смотри в исследовательской литературе¹).

¹ Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). – М.: «Знание», 1986. Серия «Физика», № 7.

Как уже отмечалось, в стационарных состояниях характеристики системы не зависят от времени. Полная энтропия системы не меняется, но и постоянно возникает энтропия в неравновесной системе. Если существуют отличные от нуля потоки и силы, то и производство энтропии будет отличным от нуля $\sigma = \sum I_i X_i$. Тогда полная энтропия не будет меняться лишь в том случае, если одновременно из внешней среды в рассматриваемую систему все время поступает отрицательная энтропия, компенсирующая производство энтропии внутри системы. Это значит, из окружающей среды энтропии поступает меньше, чем отдается обратно в среду за тот же промежуток времени, т. е. образуется поток отрицательной энтропии. Э. Шредингер выразился по этому поводу следующим образом: «организм питается отрицательной энтропией»¹. Конечно же, организму для питания кроме отрицательной энтропии необходима еще и положительная энергия.

Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии

Ответ на вопрос, какой параметр достигает экстремума в стационарном неравновесном состоянии, заключается в теореме И. Пригожина. В ней говорится о том, что в стационарном неравновесном состоянии производство энтропии минимально.

Пусть X_1 и X_2 – две обобщенные термодинамические силы. В неравновесной системе производство энтропии выразится следующим образом:

$$\sigma = I_1 X_1 + I_2 X_2. \quad (1.1)$$

где σ – скорость возникновения энтропии.

Если в состоянии равновесия потоки и силы равны нулю и, следовательно, $\sigma = 0$, то в неравновесном стационарном состоянии при фиксированной термодинамической силе X_1 (фиксирована разность температур в непрерывной системе или градиент температуры в непрерывной системе) поток I_2 , связанный с другой силой, становится равным нулю. Второй член из вышеприведенной суммы исчезает, а первый член изменяется таким образом, что достигает минимума.

Внутренняя устойчивость неравновесных систем выражается этой теоремой о минимуме производства энтропии. Т. е. если заданные граничные условия, которые фиксируют какую-либо термодинамическую силу и не позволяют системе достичь термодинамического равновесия (состояния при котором она энтропии не производит), то система будет стремиться к состоянию с минимальным производством энтропии.

Данная теорема обладает большой универсальностью. Она может быть применима, независимо от конкретной природы физической системы, ко всем неравновесным, стационарным состояниям. Ограничивает данную универсальность ряд довольно жестких предположений: линейные соотношения между

¹ Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). – М.: «Знание», 1986. Серия «Физика», № 7.

потоками и термодинамическими силами, соотношения Онсагера, постоянство феноменологических коэффициентов (коэффициенты вязкости, диффузии и теплопроводности). Но феноменологические коэффициенты зависят от температуры и других параметров среды. Для выполнения теоремы Пригожина необходимо еще предположить, что градиенты термодинамических параметров во всей системе должны быть настолько малы, чтобы условие постоянства феноменологических коэффициентов приближенно выполнялось.

Устойчивость стационарных состояний.

Принцип Ле-Шателье – Брауна

В физике стационарные состояния в неравновесной термодинамике используются прежде всего тогда, когда они устойчивы. Теоретически, бесконечно система может находиться в стационарных устойчивых состояниях. Тогда ее можно использовать как рабочее тело. Это в полной мере относится, например, к непрерывно действующему лазеру, чья активная среда представляет собой стационарную неравновесную систему в устойчивом состоянии. Энергия, подводимая за счет внешней накачки, компенсирует когерентное излучение активной (рабочей) среды лазера. Выход лазерного излучения становится постоянным при неравновесном устойчивом состоянии системы. С другой стороны, стационарное неустойчивое состояние может быть всего лишь кратким мигмом в поведении системы.

Рассматривая стационарные состояния с минимальным производством энтропии, неравновесная термодинамика говорит о том, что они являются устойчивыми. Великий русский математик А. М. Ляпунов (1857–1918 гг.) разработал общую теорию устойчивости. Не останавливаясь на этой теории подробно, отметим, что для любого стационарного состояния характерна флуктуация физических параметров (например, как постоянно дрожит стрелка чувствительного гальванометра). Различаются устойчивые и неустойчивые системы по своей реакции на флуктуации. В устойчивой системе возникшая флуктуация с течением времени самопроизвольно уменьшается. Такие самопроизвольные внутренние процессы в системе не ведут к усилению флуктуации. И наоборот, в неустойчивой системе начинается нарастание амплитуды отклонений (так называемое усиление), и система спонтанно покидает исходное стационарное состояние.

В стационарном неравновесном состоянии одна из обобщенных термодинамических сил фиксирована (например, градиент температуры), вторая – нет (например, градиент концентраций). Нефиксированная термодинамическая сила может испытывать флуктуационные колебания. С одной стороны, производство энтропии в стационарной неравновесной системе минимально, с другой – появление флуктуации нефиксированной термодинамической силы приведет к увеличению производства энтропии. Далее происходит выход системы из стационарного состояния. Так как дальнейшая эволюция системы всегда идет в направлении минимальной диссипации, т. е. к состоянию с наименьшим производством энтропии, то в дальнейшем последует переход системы обратно в стационарное состояние. Стационарное состояние было бы неустойчивым, если

бы флуктуационные изменения нефиксированной термодинамической силы приводили к уменьшению производства энтропии.

Неравенство $d\sigma/dt = < 0$, математически описывает условие устойчивости стационарных состояний с минимальным производством энтропии. Это означает, что действие внутренних неравновесных процессов всегда направлено в сторону уменьшения производства энтропии. Этим объясняется тот факт, что система, находящаяся в состоянии с минимальным производством энтропии, не может самопроизвольно из него выйти.

Направление развития физической системы в процессе эволюции также определяется неравенством $d\sigma/dt = < 0$. Оно получило название критерия эволюции в узком смысле «физической эволюции» (т. е. направленного развития физических систем в устойчивое стационарное состояние). Устойчивость стационарных состояний с минимальным производством энтропии тесно связана с принципом Ле-Шателье – Брауна в термодинамике необратимых процессов.

«Он гласит: внешнее воздействие, выводящее систему из состояния с минимальным производством энтропии, стимулирует в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия. Стационарная термодинамическая система с минимальным производством энтропии обладает своеобразной инерционностью, стремящейся, если не свести совсем, то хотя бы уменьшить результат внешнего воздействия. Физика явления здесь состоит в следующем. Внешнее воздействие изменяет фиксированные термодинамические силы (например, разность температур в случае прерывной системы). Откликом на это воздействие будет изменение потока, связанного с измененной термодинамической силой (в нашем примере – это вариация потока энергии). Так вот, с течением времени система будет эволюционировать в новое стационарное состояние, в котором изменение потока энергии будет меньше первоначального. Система стремится в состояние, в котором результат внешнего воздействия уменьшается»¹.

Принцип Ле-Шателье – Брауна был сформулирован в 1884 г. французским химиком А. Ле-Шателье (1850–1936 гг.). Впоследствии, в 1887 г., немецким физиком К. Брауном (1850–1918 гг.) он был термодинамически обоснован. В 1983 г. профессором Московского университета Е.В. Ступоченко проведено строгое обобщение принципа Ле-Шателье – Брауна на случай стационарных неравновесных состояний с минимальным производством энтропии.

Самоорганизация в неравновесных системах

Как упоминалось выше, второе начало термодинамики и законы биологической енее, в течение целого столетия оставался нерешенным вопрос о противостоянии концепции тепловой смерти (процесса хаотизации) и непрекращающегося процесса структурообразования. В этой связи, установление факта, что самоорганизация присуща не только «живым» системам, стало одним из достижений неравновесной термодинамики.

¹ Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). Серия «Физика». М.: «Знание», № 7, 1986 г.

Брюссельской школой во главе с И. Пригожиным был выдвинут ряд идей, базирующихся на предположении о том, что именно неравновесность служит источником упорядоченности в открытых системах (т. е. системах, в которых возможен обмен энергией с окружающей средой) и что способность к самоорганизации является их общим свойством.

Однако предположение о существовании линейных соотношений между потоками и термодинамическими силами оказывается несправедливым при анализе процессов самоорганизации, поскольку формирование структур происходит вдали от равновесия.

Переход ламинарного течения в турбулентное, бифуркации Ландау – Хопфа, странный аттрактор Лоренца

Примером того, что основные положения линейной неравновесной термодинамики оказываются неприменимыми в случае изучения явлений самоорганизации, может служить переход ламинарного течения обыкновенной воды в турбулентное. Можно рассматривать три возможных состояния воды: при термодинамическом равновесии, при малых и при больших отклонениях от равновесия.

В первом случае, скорость движения воды равна нулю, и в состоянии термодинамического равновесия система находится в покое. Энтропия ее максимальна (если система замкнута). Если создать, например, градиент давления, равновесие нарушится, вода, естественно, начнет перемещаться в сторону меньших давлений. Вода сначала будет перемещаться как бы слоями, параллельными направлению течения, т. е. течение будет ламинарным, но до некоторой критической скорости. Производство энтропии в стационарном состоянии минимально, существует линейная взаимосвязь между потоками и термодинамическими силами.

Превысив некоторое критическое значение скорости $v_{кр}$ движения поток воды, (или любой другой жидкости или газа), становится турбулентным. Возникает состояние, соответствующее большим отклонениям от равновесия, и оказывается необходимым учет нелинейности, вызванной резко возросшими диссипативными процессами.

Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии перестает выполняться: линейной зависимости между потоками и термодинамическими силами не существует. Примером стационарной системы без минимального производства энтропии становится течение с развитой турбулентностью.

Надежного количественного описания возникновения турбулентности до сих пор не существует, и эта проблема перехода к турбулентности в гидродинамических течениях является одной из самых трудных проблем классической физики.

Академиком Л. Ландау в 1944 г. была предложена одна из теорий возникновения турбулентности. Теория Ландау сыграла существенную роль в развитии теории турбулентности, а также в общей теории неустойчивости динамических систем.

Переход к турбулентному течению обычно характеризуется безразмерной величиной, называемой числом Рейнольдса Re ($Re = \rho L / \nu$, где ν – коэффициент вязкости, деленный на плотность, а L – характерный линейный размер, используемый в задаче). Согласно Ландау, возникновение турбулентности по мере увеличения скорости или числа Рейнольдса осуществляется следующим образом. Единственная стационарная картина течения, соответствующая ламинарному движению, существует при малых числах Рейнольдса. Вследствие флуктуаций возникают небольшие отклонения в скоростях движения от стационарных значений, но они экспоненциально затухают со временем.

Некоторые из малых возмущений перестают затухать при превышении порогового значения критического числа Re . Этот процесс сопровождается потерей системы устойчивости и переходом ее на новый режим. Происходит первая бифуркация (бифуркации Хопфа). Как известно, термин «бифуркация» означает раздвоение. Он может употребляться в широком смысле для обозначения всевозможных качественных перестроек или метаморфоз различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят. Новый периодический режим снова перестает быть устойчивым при дальнейшем увеличении числа Рейнольдса, возникают незатухающие колебания, по крайней мере, еще с одной частотой и т. д. Если двигаться от стационарного течения при малых Re в область увеличения Re , то, по предположению Ландау, «интервалы между числами Рейнольдса, соответствующими последовательному появлению новых частот, быстро сокращаются. Что касается вновь появляющихся движений, то они имеют все более мелкие масштабы»¹. Это значит, что нерегулярное поведение, типичное для турбулентного движения, есть результат бесконечного каскада бифуркаций, в соответствии с теорией Ландау.

Его теория – это лишь один из вариантов возникновения нерегулярного поведения. С проблемой возникновения турбулентного течения связаны все трудности в изучении поведения потока жидкости или газа, начиная от переноса тепла в реакторе и кончая аэродинамикой.

Средой, находящейся в турбулентном движении, заполнена большая часть Вселенной. Изменчивость естественных течений является как раз следствием неустойчивости движения жидкости или газа. Физика планет, океанология, физика атмосферы и астрофизика сталкиваются с проблемой неустойчивости, что подтверждает важность анализа задач неустойчивости и турбулентности.

Новый механизм потери устойчивости был описан в 1963 г метеорологом Э. Лоренцом, который его наблюдал в численных экспериментах по моделированию возникновения турбулентности в процессе конвекции. Лоренц нашел область, обладающую необычными свойствами в трехмерном фазовом пространстве (в его случае координатами этого пространства являлись скорость и амплитуды двух температурных мод), которая существует при определенных условиях. Все траектории из окрестных областей притягиваются этой областью.

¹ Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). –М.: «Знание», 1986. Серия «Физика», № 7.

Близкие траектории, попав в нее, расходятся и имеют очень сложную и запутанную структуру. Она была названа «странный аттрактор», так как, по определению, аттрактором, т. е. «притягателем» является притягивающее множество в фазовом пространстве, а в случае существования аттрактора, отличного от состояния равновесия и строго периодических колебаний, он называется странным.

Выбранное наугад решение в странном аттракторе Лоренца по прошествии достаточно большого времени пройдет достаточно близко к любой точке аттрактора, блуждая по нему. «Можно сказать, что странный аттрактор представляет собой бесконечную притягивающую линию, уложенную в конечном объеме фазового пространства. Переход системы на такой режим означает, что в ней наблюдаются сложные непериодические колебания, детали которых очень чувствительны к малому изменению начальных условий. Иными словами, две близкие в начальный момент времени траектории очень быстро разбегаются, что соответствует плохой предсказуемости течения по начальным условиям, которые всегда точно не известны».¹ Долгосрочный динамический прогноз погоды из-за отсутствия точно заданных начальных условий представляет собой большую трудность. Еще до Лоренца в самом начале 60-х годов прошлого столетия советскими математиками Д. В. Аносовым и Я. Г. Синаем были установлены существование аттракторов с экспоненциально расходящимися фазовыми кривыми на них и устойчивость такого рода явлений.

Часто переход ламинарного течения в турбулентное используют для более точного определения понятия «хаоса». В специальном смысле это слово означает нерегулярное движение, описываемое детерминистическими уравнениями. Ими же описывается течение жидкости, и переход к турбулентности есть возникновение хаоса.

«Период три дает хаос» – это статья американских ученых Т. Ли и Дж. Йорка (1975 г.), в которой впервые слово «хаос» появилось в этом смысле. По их мнению, третья бифуркация, связанная с удвоением периода неустойчивой моды, приводит систему к неустойчивому режиму, чем и обусловлено название статьи. Но своя внутренняя упорядоченность присуща хаотическому, нерегулярному режиму, и ее можно увидеть при исследовании тонких деталей хаотической динамики. «Странный аттрактор Лоренца в трехмерном пространстве грубо можно представить как двумерную поверхность. Однако, как отмечал еще Лоренц, при попытке «проколоть» его пришлось бы «проколоть» бесконечное число слоев. Структура аттрактора проявляется при увеличении масштаба изображения».² Это позволяет предположить, что хаотический турбулентный режим может иметь более сложную структуру, чем упорядоченный ламинарный.

¹ Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). –М.: «Знание», 1986. Серия «Физика», № 7.

² Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). –М.: «Знание», 1986. Серия «Физика», № 7.

Ячейки Бенара, модель самоорганизации биосферы

Все основные черты термодинамики необратимых процессов наиболее явно проявляются в явлении образования ячеек Бенара в жидкости.

Возникает разность (градиент) температур T между нижней и верхней поверхностями сильно нагреваемого слоя жидкости в сосуде (Рис. 1.1).

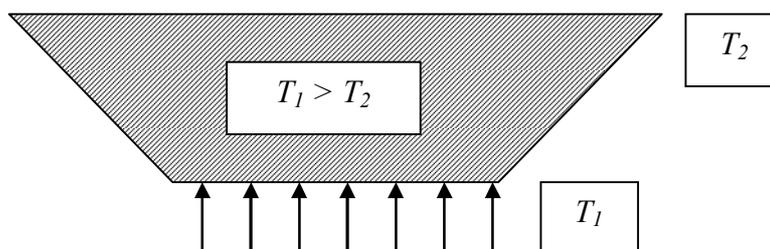


Рис. 1.1 – Эффект Бенара, сечение сосуда, нагреваемого снизу

Жидкость у нижней поверхности имеет меньшую плотность из-за теплового расширения, по сравнению с жидкостью вблизи верхней поверхности, и такой температурный градиент называется инверсным. «Легкий» нижний слой и «тяжелый» верхний стремятся поменяться местами благодаря наличию силы тяжести и архимедовой выталкивающей силы, и система становится неустойчивой. Но движение не возникает, и тепло передается только путем теплопроводности из-за вязкости жидкости при небольших градиентах температуры. Конвекционный поток появляется только при достижении критического значения температурного градиента. Этот поток обладает характерной структурой в виде шестиугольных ячеек. Внутри ячеек жидкость поднимается вверх, а по краям опускается вниз. Можно графически представить зависимость теплового потока q от нижней поверхности к верхней от разности температур T , (Рис. 1.2).

Режим неподвижной теплопроводящей жидкости становится неустойчивым при сверхкритических значениях разности температур (пунктирная линия на Рис. 1.2), возникновение конвекционных ячеек характеризует приход устойчивого режима. Жидкость, находящаяся в состоянии покоя, уже не в состоянии справиться с переносом соответствующего большого количества тепла при больших разностях температур, а конвекционный режим более благоприятствует переносу тепла.

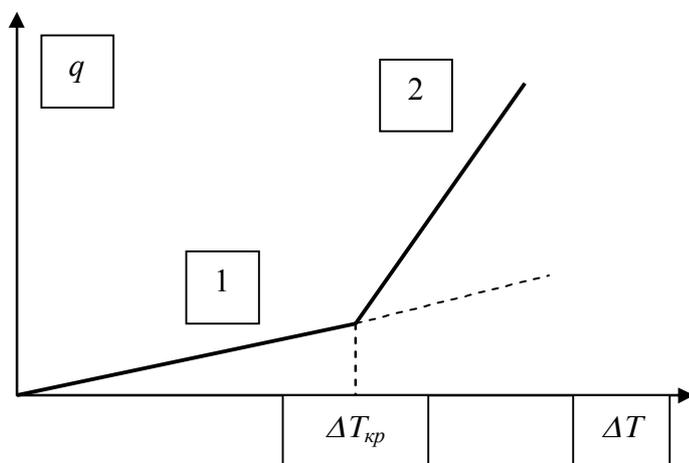


Рис. 1.2 – Поток тепла в жидкости при докритических (отрезок 1) и сверхкритических (полупрямая 2) значениях температур

Конвекционные ячейки представляют собой более высокоорганизованную структуру, возникающую в результате коллективного движения молекул в жидкости, по сравнению со слабо неоднородным распределением параметров в покоящейся жидкости.

Возникает следующая ситуация. Система обменивается со средой только теплом в стационарных условиях и получает (при температуре T_1) такое же количество тепла, что и отдает (при температуре T_2), но $T_2 < T_1$, получается, что система отдает энтропию среде ($S = q / T_1 - q / T_2 < 0$). Таким образом, можно сделать вывод, что внутренняя структура, или самоорганизация, поддерживается за счет поглощения отрицательной энтропии. «По предложению Бриллюэна отрицательная энтропия называется негэнтропией».¹

Ячейки Бенара можно интерпретировать как миниатюрную модель возникновения условий существования жизни на Земле. В виде упорядоченной структуры, питающейся негэнтропией, можно представить сферу жизни на Земле. Температура поверхности Солнца $T_1 = 6000$ К, следовательно, источник энергии солнечного излучения, поступающего на Землю, высокотемпературный, а температура Земли $T_2 = 300$ К, и энергия уходит обратно в космическое пространство при низкой температуре. Получается, что поток энтропии от Солнца на Землю меньше потока энтропии от Земли в космическое пространство по предположению, что в среднем энергия на Земле не накапливается. Следовательно, возможность жизни на Земле обусловлена существованием негэнтропии солнечного излучения. «По оценкам члена-корреспондента АН СССР К. К. Ребане, негэнтропийный рацион Земли составляет $\sim 3 \cdot 10^{24} / T_{12}$ кал*град⁻¹*г⁻¹».²

¹ Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). –М.: «Знание», 1986. Серия «Физика», № 7.

² Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). –М.: «Знание», 1986. Серия «Физика», № 7.

Можно сказать, что Земля получает высококачественную энергию от Солнца, малый поток энтропии определяет качество этой энергии. Затем происходит процесс ее переработки, сопровождающийся как ростом энтропии, так и выбросом ее в космическое пространство вместе с наработанной энтропией.

Можно предположить, что постоянный негэнтропийный рацион Земли для обеспечения жизнедеятельности на ней в обозримые интервалы времени, и лежит в основе закона сохранения биомассы на Земле, который в свое время открыл академик В. И. Вернадский. Несмотря на это нерешенными однозначно и требующими дальнейшего исследования на физическом уровне остаются вопросы существования жизни на Земле: молекулярной самоорганизации, принципы отбора и эволюции и т. д.

Возникновение когерентного излучения – неравновесный фазовый переход

Твердотельный лазер представляет собой твердую матрицу с внедренными в нее активными атомами. В качестве зеркал действуют торцевые поверхности лазерного стержня. Когда мощность накачки достигает значения, которое называется пороговой мощностью лазерной генерации, все атомы начинают испускают импульс когерентного лазерного излучения. Резко возрастает выходная мощность – интенсивность излучения света. Графическое изображение зависимости интенсивности излучения от мощности накачки будет аналогично графику на Рис. 1.2. Режим генерации, в данном случае, будет отображен полупрямой 2, которая соответствует проявлению самоорганизации при генерации в атомной системе.

Лазерный режим оказывается стабильным в сверхкритической области, он представляет собой кооперативное поведение атомов и излучения (фотонов). Оба явления: и лазерный режим в сверхкритической области, и образование ячеек Бенара – имеют общее название – **неравновесного фазового перехода**.

Под фазовым переходом в физике понимается скачкообразное изменение физических свойств при непрерывном изменении внешних параметров. П. С. Эренфест (1880–1933 гг.) ввел терминологию, которая позволила различать фазовые переходы I и II рода. Фазовый переход I рода – это скачкообразное изменение плотности, сопровождающееся выделением или поглощением тепла – испарение и конденсация, плавление и затвердевание и т. д.

Фазовый переход II рода – появление по одну сторону от точки перехода некоторой физической величины, которая равна нулю по другую сторону от точки перехода. Сопровождается непрерывным изменением плотности, отсутствием процесса выделения или поглощения теплоты. Это переход парамагнетик – ферромагнетик, переход металлов и сплавов из нормального состояния в сверхпроводящее и т. д.

В лазере возбужденные атомы генерируют световое поле. Возникает вопрос, что может являться параметром порядка при возникновении лазерной генерации? Существует обратное воздействие поля на атомы. С одной стороны, поле является для атомов вынуждающей силой, которая стимулирует появление вынужденного излучения. С другой стороны, постоянная диссипация и флуктуации, возмущающие процесс излучения своим случайным воздействием,

препятствуют процессу излучения. Поэтому в докритическом режиме поле вынужденного или стимулированного излучения затухает. Затухание поля становится все меньше с увеличением инверсии благодаря увеличению мощности накачки. Наступает момент, когда система теряет устойчивость, и амплитуда поля начинает резко расти. Сначала только у одной полевой моды исчезает затухание. Естественно предположить, что амплитуда этой моды и будет параметром порядка, подчиняющим себе атомную систему. Но в дальнейшей конкурентной борьбе различных неустойчивых мод побеждает одна, и именно ее амплитуда и является параметром порядка. Когерентное лазерное излучение обеспечивается именно этой модой. Г. Хакен (ФРГ), обнаружив сходство между процессами возникновения генерации в лазерах с фазовыми переходами II рода, назвал их *неравновесными фазовыми переходами*, что можно считать *определением понятия самоорганизации*. Диссипация, производство энтропии сопровождают неравновесный фазовый переход. Это обуславливает возможность его существования только в открытых системах, в которых производство энтропии внутри системы компенсируется потоком негэнтропии из окружающей среды.

В рассматриваемой системе кроме возникновения лазерной генерации существуют и другие проявления неустойчивости. Может возникнуть режим, аналогичный странному аттрактору Лоренца, при определенных значениях параметров системы, которые могут быть реально достижимы в лазерах. Хаотическая зависимость напряженности поля одной из мод наблюдается в этом случае. Уникальная возможность экспериментального исследования потери устойчивости отдельных мод появляется при изучении работы лазера в таком режиме. А процесс изучения гидродинамических течений затруднен ввиду многомодовости явления.

Вышерассмотренные примеры являются примерами образования пространственных структур. Кроме этого могут существовать и структуры, образованные во времени – временные структуры и пространственно-временные структуры.

Среди химических реакций наблюдается немало примеров образования пространственных, временных и пространственно-временных структур.¹

Общий вывод здесь заключается в следующем. При нарушении линейного соотношения между потоками и силами – вдали от состояния равновесия – происходит формирование структур. Как невозможны неустойчивые стационарные состояния в области линейных процессов, так невозможными являются и периодические движения около устойчивых стационарных состояний. В линейной термодинамике произвольные стационарные состояния являются устойчивыми. Так как производство энтропии может только убывать с течением времени, то в линейной области приближение системы к стационарному со-

¹ Подробное описание одного из самых известных примеров временной и пространственной упорядоченности в химических реакциях – химических часов (реакции Белоусова – Жаботинского) смотри: Осипов А.И. Самоорганизация и хаос (очерк неравновесной термодинамики). – М.: «Знание», 1986. Серия «Физика», № 7.

стоянию будет носить монотонный характер, и «проскочить» это состояние система не может. Поэтому колебания около стационарных положений в линейной области невозможны.

Диссипативные структуры

Как уже было показано, процессы образования структур в жидкости, лазерах и химических реакциях похожи. Их общая черта – самопроизвольное (спонтанное) образование пространственной или временной структуры из пространственно-однородного состояния в течение неравновесного процесса. Для таких структур И. Пригожин ввел термин – диссипативные структуры. И. Пригожину за разработку теории диссипативных структур была присуждена Нобелевская премия.

Диссипативные структуры и второе начало термодинамики

Только в открытых системах, т. е. в системах, способных обмениваться веществом и энергией с окружающей средой, могут образовываться диссипативные структуры. Второе начало термодинамики может и не нарушаться в системах, в которых возможно формирование структур. Просто его проявление имеет более общий вид: стационарная неравновесная система, имеющая диссипативную структуру, должна потреблять отрицательную энтропию. По словам Э. Шредингера, это «добывание упорядоченности из окружающей среды». Суммарная энтропия будет возрастать, если диссипативные структуры будут возникать как очаги внутри большой изолированной системы. Поэтому скорость возникновения энтропии в расширенной системе, включающей диссипативные структуры, выше за счет того, что в структурных очагах интенсивно генерируется энтропия.

Одним из крупнейших достижений современной термодинамики является совместимость второго начала термодинамики со способностью к самоорганизации. В прошлом веке Клаузиус в своей работе, в которой он ввел понятие энтропии, писал: «Энергия Вселенной постоянна, энтропия Вселенной возрастает». Это утверждение как одна из формулировок второго начала легло в основу утверждения о стремлении к всеобщей дезорганизации, которое закончится тепловой смертью Вселенной. То есть жизнь – это гигантская флуктуация, развитие которой идет по пути разрушения начально заданной структуры.

Сегодня концепция тепловой смерти Вселенной не является актуальной. Обоснование теории диссипативных структур «оправдало» существование жизни. И. Пригожин пишет: «Жизнь более не выглядит как островок сопротивления второму началу термодинамики или как деятельность каких-то демонов Максвелла. Она возникает теперь как следствие общих законов физики с присущей ей специфической кинетикой химических реакций, протекающих в далеких от равновесия условиях. Благодаря этим специальным кинетическим законам потоки энергии и вещества создают флуктуационный и структурный порядок в открытых системах»¹.

¹ Пригожин И. От существующего к возникающему. М., «Наука», 1985.

Пороговый характер самоорганизации. Теория катастроф Тома

Новая структура всегда является результатом неустойчивости и возникает из флуктуаций. Неустойчивость связана пороговым характером в неравновесной термодинамике, и поэтому можно сказать, что возникновение диссипативных структур носит пороговый характер. Существует выражение: «порядок через флуктуации». Как уже было рассмотрено выше в примере конвективной неустойчивости, флуктуации затухают в докритическом режиме при малых разностях температур. Конвективные потоки рассасываются за счет действия сил вязкого трения. Флуктуации перестают рассасываться в сверхкритическом режиме, т.е. выше порога. При их усилении, достижении макроскопического уровня новый режим становится устойчивым, и вслед за неустойчивостью возникает новая структура.

Если описывать поведение системы при больших отклонениях от равновесия с помощью математического аппарата, то неустойчивость и пороговый характер самоорганизации будут связаны с нелинейными уравнениями. Для нелинейных уравнений может существовать несколько стационарных состояний, а для линейных уравнений – только одно. Стационарные состояния, которые устойчивы по отношению к флуктуациям, будут иметь четко выраженный физический смысл. Поэтому переход из одного устойчивого стационарного состояния в другое определяет **пороговый характер самоорганизации**. Макроскопические системы обладают огромными структурными резервами, поэтому конечное состояние может иметь более высокую степень упорядоченности.

Когда система теряет устойчивость, возникает ситуация, которая носит название катастрофы. Более точно, катастрофа – это скачкообразное изменение, возникающее в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий. Теорией катастроф называется область математики, которая занимается катастрофами. В основе ее лежит теория особенностей гладких отображений, можно представить ее как далекое обобщение исследования функций на максимум и минимум. Основы ее были заложены в 1955 г. американским математиком Г. Уитни.

Уитни нашел возможные особенности, возникающие при отображении поверхности на плоскость, и исследовал их устойчивость. Например, при проектировании сферы на плоскость в точках экватора возникает особенность, называемая складкой. Сопоставление каждой точке поверхности точки плоскости является отображением поверхности на эту плоскость.

Ввиду того, что гладкие отображения встречаются всюду, естественно было бы предположить, что повсюду должны встречаться и их особенности. Всеобъемлющий характер работ Уитни, а также предшествующих им работ французского ученого А. Пуанкаре и советского физика академика А. А. Андропова по теории бифуркаций был показан французским математиком Р. Тома. Именно он предложил называть совокупность теории особенностей и ее приложений теорией катастроф.

Информация об особенностях отображений, которую дает теория Уитни, может быть применима для изучения разнообразных явлений и процессов во

всех областях естествознания. Вся сущность теории катастроф, в общем-то, может быть выражена этой простой идеей.

Кооперативное поведение в диссипативных системах

Главный вывод, который можно сделать после всего вышесказанного – *неравновесность может быть причиной порядка*. Осознание того факта является величайшей заслугой неравновесной термодинамики, потому что впервые удалось установить связь между столь противоположными свойствами. Новый тип динамических состояний материи – диссипативные самоорганизующиеся системы – может возникать благодаря необратимым процессам в открытых системах. Причем «запускают» механизм неустойчивости флуктуации, являющиеся источником структурной эволюции. Приводит это состояние неустойчивости к формированию новой пространственно-временной структуры.

Выявление общих закономерностей процесса самоорганизации в рамках неравновесной термодинамики показало следующее. Во-первых, оно подчеркнуло одну из наиболее привлекательных сторон *термодинамики* – *ее универсальность*, заключающуюся в возможности сведения огромного множества явлений к нескольким основным закономерностям. Во-вторых, позволило предположить, что именно эта универсальность может быть применима для изучения механизмов самоорганизации в различных системах, например – экономических системах современного общества. Для подтверждения данного предположения необходимо изучить эволюцию теории самоорганизации.

1.2. Эволюция теории самоорганизации

Корни идеи самоорганизации систем можно проследить вплоть до древних времен. Процесс развития взглядов на самоорганизацию может быть представлен двумя этапами:

- «идеальная» предыстория или древняя история (античность вплоть до середины XX в.);
- «действительная» история становления (с 1960 г.).¹

Хаос и турбулентность как причины порядка привлекали внимание философов уже в Древней Греции. Особое место среди них занимает Гераклит. Гераклит считал, что порядок образуется из перманентного противостояния полярных сил. По его мнению, все образовавшееся подвержено продолжительным изменениям.

Следующий в ряду философов – Платон, который постулировал движущийся сам по себе принцип природы, который он обозначал как «мировую душу»². Некоторые исследователи считают также, что параллели с современным исследованием самоорганизации можно найти у Аристотеля и Лукреция, и от-

¹ Волькенштейн М. В. Энтропия и информация. – М: Наука, 1986. – С. 162.

² Platon, Der Staat. – Stuttgart, 1968.

мечают натурфилософский характер их идей о самоорганизации.¹ Кроме того, чистые предположения представляют собой философские рассуждения Канта и Шеллинга, позднее занимавшихся самоорганизацией.

На протяжении XVIII, XIX и XX вв. в естественных науках доминировало механистическое мышление. По-новому взглянуть на развитие с позиции естественнонаучного подхода позволила теория эволюции Дарвина только в XIX в.

Прогресс взглядов на самоорганизацию связан с XX в. Развитие системной теории, кибернетики и термодинамики в 1920–1960 гг. привели к выявлению новых проблем исследования самоорганизации, связанных со способностью к стабилизации и приспособлению комплексных систем. Особую роль сыграло развитие биологической теории систем Людвиг фон Бергаланфи, которая внесла важный вклад в динамическое рассмотрение комплексных систем.

Только со второй половины XX в. началась действительная история становления современного исследования самоорганизации.

Можно выделить семь естественнонаучных концепций, которые легли в основу современного исследования самоорганизации. Мы уделим внимание пунктам, имеющим значение для социально-научной области.

1. Системно-теоретическое и кибернетическое начала Хайнца фон Форстера – принцип «порядок через помехи».

Начало современному исследованию самоорганизации положила работа Хайнца фон Форстера, опубликованная в 1960 г. под названием «Самоорганизующиеся системы и их среда», в которой он ввел принцип «*порядок через помехи*». В этой работе Форстер четко формулирует новое определение системы и дает описание становления и увеличения порядка.

Он рассмотрел два разных способа возрастания порядка в системах: с одной стороны, через импорт порядка из окружающей среды, а с другой, посредством помех. Феноменологическое описание взаимодействия самоорганизующейся системы с ее окружающей средой Форстер пытался представить следующим образом: динамика процесса выбирает из окружающей среды именно те помехи, которые обуславливают усиление внутреннего порядка. Извлекаемый извне «строительный материал» встраивается в уже существующий внутренний порядок.

2. Теория «диссипативных» структур Ильи Пригожина.

Рассматривая явление самоорганизации в рамках неравновесной термодинамики, мы уже упоминали об этой теории. Пригожин открыл, что системы, удаленные от равновесия, с помощью внешних или собственных флуктуаций, могут перейти в полностью новое состояние. Возникающие в этой связи новые структуры описываются как диссипативные (рассеивающиеся) структуры.

3. Синергетика Германа Хакена.

¹ Paslack, Rainer, Urgeschichte der Selbstorganisation. Zur Archäologie eines wissenschaftlichen Paradigmas. – Wiesbaden: Vieweg, 1991.

Назвав синергетикой *учение о взаимодействии*, Хакен исследует возникновение порядка из хаоса. Как было уже показано ранее, делает он это на примере лазера – «парадигматического примера для самоорганизации», позволяющего переходить системе в новое состояние¹.

4. Теория автокаталитических гиперциклов Манфреда Айгена.

Айген пытается интерпретировать явление самоорганизации в молекулярной области. Он предполагает, что возникновение жизни – это процессы самоорганизации (самоселекции) в молекулярной (пребиотической) области. Теория предлагает ответ на вопрос, как в пребиотической эволюции из простых макромолекул путем самоорганизации и селекции может быть образован генетический аппарат.

5. Концепция автопоиэзиса Умберто Матураны и Франсиско Варелы.

Чилийские представители когнитивной биологии Умберто Матурана и Франсиско Варела в начале 1970 гг. разработали теорию автопоиэтических систем. В центре внимания теории автопоиэзиса находятся вопросы о принципах организации живого и функционировании нервных систем. Анализ организации живых систем в связи с их единым характером являлся важной целью, преследуемой создателями концепции.

Они посчитали, что автопоиэтическая организация представляет собой важнейшую характеристику живых существ. Это противоречит господствующему мнению в биологии, согласно которому, живые существа характеризуются прежде всего через их эволюцию и способность к репродукции.

6. Концепция эластичных экосистем Холлинга.

Явление самоорганизации исследуется также и современной экологией. Еще в XIX в. произошло познание больших круговоротов в природе. В 60 гг. XX в. получили свое развитие новые модельные представления, как например, концепция «соэволюции» и исследования в отношении стабильности экосистем за пределами равновесия. По Холлингу, стабильность экосистемы при критических помехах больше не может быть гарантирована. Холлинг вводит понятия «стабильность» и «эластичность» или «упругость», чтобы иметь возможность лучше понимать динамические процессы. Стабильность еще понимается полностью в смысле кибернетических традиций как способность экосистемы поддерживать ее равновесие или определенную динамику.

Способность системы отвечать внутренними изменениями структуры на сильные турбулентности окружающей среды и, соответственным образом, иметь возможность перейти в другое состояние равновесия, интерпретируется Холлингом как эластичность.

7. Теория детерминистического хаоса Эдварда Лоренца и Бенуа Мандельброта.

Предметом исследования концепций теории *детерминистического хаоса* является самостоятельное возникновение хаоса из порядка. Система, демонстрирующая полностью нерегулярное, неравномерное и непредсказуемое

¹ Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. – М., 1983.

поведение, является хаосом. Речь идет о типичном поведении нелинейных динамических систем, при котором незначительное изменение начальных условий приводит к значительным расхождениям в решении уравнений, описывающих временное развитие системы.

Эти выводы остаются релевантными также и при работе с социальными системами. Так, при оказании влияния на социальные системы необходимо учитывать, что любое вторжение в них может привести к полностью непредсказуемым, хаотичным развитиям.

Бенуа Мандельброт обосновал *фрактальную геометрию*. Во время своих исследований происходящих в природе нерегулярных образований, таких как очертания берегов, горные цепи и т. д., ученый установил, что они при изменении на незначительное деление шкалы не становятся более простыми, а сохраняют свой комплексный порядок.

Самопохожесть или «новый вид порядка» в хаотичных нерегулярных естественных образованиях могут быть описаны только с помощью неевклидовой, иными словами, фрактальной геометрии. Фрактальная геометрия подходит для описания реальных структур в природе и прежде всего для описания комплексных структур динамических систем.

У всех рассмотренных выше концепций исследования самоорганизации существует множество общих точек. Например, предметом исследования являются неравновесные процессы, рассматриваемые прежде только в качестве пограничных феноменов или исключений. Изменилась и традиционная точка зрения на внешнее управление и наблюдение за системой модельному представлению систем, управляющих собой сами. Такая система сама решает, каким образом реагировать на внешние помехи, то есть на влияние окружающей среды.

Можно выделить 4 фазы формирования вышерассмотренных концепций:

- 1) развитие – примерно с 1960 по 1970 гг. – происходило вне зависимости друг от друга в разных дисциплинах. Назрела необходимость решения проблем исследования определенных областей знания с помощью инновационных технологий;
- 2) аналогизация – примерно с 1970 по 1975 гг. В фазе аналогизации основатели открыли схожести между разными концепциями;
- 3) глобализация – примерно с 1975 по 1980 гг. В период глобализации ученые делали попытку доказать общеупотребительность их теорий, чтобы иметь возможность перенести их на другие области исследования;
- 4) диверсификация – с 1980 г. В фазе диверсификации ученые других областей знания активно развивали естественнонаучные концепции самоорганизации, силу интерпретации и толкования которых они хотели использовать в собственных дисциплинах и исследованиях, в том числе и в экономике.¹

¹ Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. – М: Наука, 1981. – С.7.

В этой связи необходимо упомянуть представителей Санкт-Галленской школы менеджмента. Особое место занимает работа Жильбера Пробста, который перенес наиболее обширную на тот момент концепцию самоорганизации в учение об управлении предприятием.

В настоящее время еще не существует стройной теории самоорганизующихся социальных систем, но в то же время уже есть концепции релевантности самоорганизации по отношению к формированию и управлению социальными системами.

Кроме вышерассмотренных концепций имеет смысл описать различные теории, которые могут быть применимы при исследовании **основ самоорганизации**.

В качестве важнейших основ исследования самоорганизации можно представить общую и новую системные теории, кибернетику, конструктивизм и интерпретативную теорию организации. Данные концепции связаны друг с другом посредством взаимозависимых отношений, поэтому они не должны рассматриваться изолированно, а только в совокупности.

1) Системная теория.

Общая (классическая) системная теория.

Основоположником общей (классической) теории системы является Людвиг фон Берталанфи¹. Общая теория систем представляет собой междисциплинарную науку, исходящую из того, что для системы существуют общие принципы, и неважно, какого вида составляющие их элементы и отношения между ними или «силы». Целью системного подхода является развитие теории, которая подходила бы для всех биологических, социальных и механических систем, чтобы было возможно на основании зачастую однородных структур, демонстрировать различные системы.²

По определению Берталанфи, любая система представляет собой «множество элементов, между которыми существует взаимодействие».

Общая системная теория является теорией *открытых* систем, «примером которых являются живые системы». Через них проходят потоки материала, энергии, информации и в измененной форме переходят в окружающую среду.

В этой связи в контексте исследования организации часто употребляется понятие «энтропия» как основная мера порядка, связанная с организацией. При этом увеличение энтропии означает уменьшение порядка, а ее уменьшение – увеличение порядка.

Следующей важной особенностью (качеством, признаком) открытых систем является *стабильность* или *устойчивость*. Рассмотренная выше теория устойчивости предполагает, что внешние помехи в устойчивой системе уравновешиваются посредством процессов регуляции, предполагающих закрытую систему обратной связи. Находящаяся в центре нашего внимания ориентиро-

¹ Книга «Биологическая картина мира», вышедшая в 1949 г., и статья «К вопросу об общем системном учении» 1953 г..

² Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – С. 463.

ванная на равновесие, стабильность и приспособливание кибернетика обозначается как кибернетика I.¹

Для производственно-экономического учения об организации выводы системной теории имеют огромное значение. Применение междисциплинарного подхода (сквозь призму теории открытых систем и теории организации) предполагает, что предприятие и прочие социальные образования не могут быть рассмотрены в изоляции от их окружения, а, напротив, в исследования должны быть эксплицитно включены отношения между системой и окружающим миром. В отличие от традиционного, статического рассмотрения социальных систем, общая системная теория дает возможность, сделать объектом рассмотрения также и их динамику, и их гибкость, и связанную с ними возможность к приспособливанию к изменяющимся условиям окружающей среды.

2) Кибернетика.

Норберт Винер является наиболее значительным представителем и фактически основателем кибернетики. Биологические знания о процессах управления в естественных системах легли в основу обоснования Винером кибернетики для конструирования систем управления.²

Как и теория открытых систем, кибернетика является междисциплинарной наукой. Существуют тесные связи между системной теорией и кибернетикой. Во-первых, тенденция приравнивания обоих терминов. Во-вторых, существует возможность попеременно исходить из системной теории или кибернетики как из широких понятий. Пробст считал, что кибернетика является составной частью системной теории.³ Иногда обе области объединяются вместе под названием *системно-теоретические и кибернетические начала*.

Если сохранять хронологический порядок, то принято различать кибернетику I (кибернетику первого порядка) и кибернетику II (кибернетику второго порядка). Расцвет кибернетики I пришелся на начало 1960 гг. и, в первую очередь, касается сохраняющих равновесие процессов. На переднем плане находятся стабильность, приспособление, обратная связь, сервомеханизм, ультрастабильность и мультистабильность, рост, консервативная самоорганизация, возвращение нарушенных систем в стабильное состояние и пр.

После кибернетики I последовало развитие кибернетики II, которая занимается изменением, нестабильностью, отклонениями, гибкостью, обучением, автономией, самореферентностью, эволюцией и инновативной самоорганизацией. Неравновесные состояния служат предпосылкой для изменения и соответствуют нормальности.⁴

С кибернетикой второго порядка сочетается ряд теорий: автопоиэзиса Матураны и Варелы, теории Хакена, Пригожина, Айгена, фон Форстера, фон Хайека и других исследователей.

Кибернетику определяют как «науку об управлении», основная цель которой лежит в получении знания об *«управлении комплексными системами*

¹ Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – С. 463.

² Норберт Винер «Кибернетика или контроль и коммуникация в живом организме и машине» – 1948.

³ Probst, Gilbert J.B. Selbstorganisation. Parey Verlag Berlin 1987 (1987b).

⁴ Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979.

и внутри их самих». Поскольку кибернетика охватывает существующие отношения между элементами реальных систем с представлениями о саморегуляции закрытых систем, кибернетическое мышление часто описывается как *«мышление в закрытых саморегулирующихся системах»*.

3) Конструктивизм.

Различают четыре вида конструктивизма¹:

- социальный конструктивизм,
- когнитивно-теоретический (радикальный) конструктивизм,
- эмпирическая программа конструктивизма,
- коммуникативно-теоретический конструктивизм.

Научный опыт конструктивистской теории познания может использоваться для исследования вопроса влияния на социальные системы. Если социальные системы рассматриваются как организационно закрытые и самореферентные, то в этом случае делается вывод, что прямое воздействие извне едва ли может повлечь за собой желаемый успех. Оказание влияния извне будет восприниматься системой исключительно как помехи (пертурбации) и перерабатываться в соответствии с ее собственными внутренними правилами.

4) Интерпретативная теория организации.

Применение так называемой интерпретативной перспективы в социальных науках к организационно-теоретическим постановкам вопросов легло в основу интерпретативной теории организации. Она является дальнейшим развитием функционалистской парадигмы².

В исследовании самоорганизации до середины 1970-х гг. функционалистская парадигма была доминирующей. В ее основе заложено объективное понимание науки. В основе функционалистской парадигмы лежат ситуативный, и случайно-теоретический подходы.

Недостатками этих подходов является рассмотрение предприятия как «черного ящика», игнорирование фактора человеческого поведения в организациях, предопределенность стабильности структуры.³

Ориентирующиеся на интерпретативную парадигму исследователи, напротив, видят в организациях социальные формации и рекомендуют рассматривать «организации как перманентный процесс».

Целью их исследования является объяснение человеческого действия в организациях, и наоборот – объяснение действия организаций через действие людей. В основе лежит идея: члены организации действуют в реальности, которую они сами конструируют.

Научные выводы из интерпретативного учения об организации важны для экономики на микроуровне прежде всего, поскольку они делают возможным объяснение проблем, для которых ранее не существовало объяснения. Например, всесторонне рассматривается поражение запланированного организа-

¹ Kasper, H. Die Handhabung des Neuen in organisierten Sozialsystemen, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1990 – С 73.

² Burrell, G., Morgan, G. Sociological paradigms and organizational analysis. – Gower, 1979.

³ Kasper, H. Die Handhabung des Neuen in organisierten Sozialsystemen, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1990, S. 62 ff.

ционного изменения. Происходит это потому, что члены организации интерпретируют направленные на изменения запланированные мероприятия не в смысле управления предприятием, а как «нападение» на самих себя и потому блокируют их проведение. Сложность в понимании связей между подсистемами внутри предприятия или организации является еще одной проблемой. Работающими в различных подструктурах людьми она тоже может быть сведена до различных интерпретаций действительности.

Эти научные выводы имеют важное значение для реализации самоорганизации на предприятии. Они иллюстрируют отсутствие однозначности внешних предписаний и, тем самым, сильную неуверенность в успешном протекании организованных извне мероприятий. Одновременно они обосновывают необходимость введения прочной культуры предприятия или организации, гарантирующей единообразную интерпретацию действительности сотрудниками в целях дальнейшего избежания проблем взаимопонимания.

На основе ассимилирующихся друг с другом теорий синергетики, теории изменений и теории катастроф, практически, была создана целостная теория развития, подтвержденная успехами исследований, осуществленных на ее основе, в области физики, химии, биологии, теория, выводы которой могут успешно использоваться другими областями знания, включая общественные науки. Фактически, концепции самоорганизации выполнили оформленный системными исследованиями «заказ»: в середине 1980 гг. в рамках системных теорий остались неисследованными проблемы развития как системы прерывного и непрерывного, реализуемых и нереализуемых альтернатив, поступательных и повторяющихся, циклически воспроизводящихся моментов и как целостного процесса. Концепциям самоорганизации удалось в полной мере восполнить этот пробел.

1.3. Управление социально-экономическими системами с позиций теории самоорганизации

Результатом эволюции научного знания является то, что многие понятия, доступные ранее только узкому кругу специалистов, теперь становятся междисциплинарными и общезначимыми, далеко выходя за рамки конкретного контекста и тех специальных задач, в связи с которыми они первоначально возникли. «По словам В. И. Вернадского, в развитых областях наук о природе «есть некоторые более основные проблемы, есть учения и явления, есть коренные методологические вопросы, есть, наконец, характерные точки или представления о космосе, которые неизбежно и одинаковым образом затрагивают всех специалистов, в какой бы области этих наук они ни работали. Каждый из них подходит к этим основным и общим явлениям с разных сторон, иногда касается их довольно бессознательно. Но по отношению к ним он неизбежно должен высказывать определенное суждение, должен иметь о них точное пред-

ставление: иначе он не может быть самостоятельным работником даже в узкой области своей специальности».¹

В качестве примера метаморфоз, произошедших с понятиями, можно представить возрастающий общенаучный интерес к малоизвестному в прошлом за пределами гидродинамики понятию «турбулентность». Или, например, приобретение хаосом структуры вместо представления о нем, как о простом отсутствии порядка, аналогично физический вакуум перестал быть синонимом слова «ничего».

С открытием новых научных перспектив ставятся не только новые проблемы, но и появляется возможность по-новому взглянуть на старые. В этой связи книги И. Пригожина и И. Стенгерс «Порядок из хаоса», и И. Пригожина «От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках» (М., 1985), позволили привлечь внимание читателя к важному кругу идей, связанных с проблемами самоорганизации. К тому же авторам любой книги по самоорганизации трудно «угнаться за временем»: столь высок темп появления новых идей и результатов в этой области науки.

Проблема самоорганизации в различных системах не является, разумеется, новой. Как мы проследили по эволюции теорий самоорганизации, много работ посвящено различным аспектам этой проблемы. Осознание того факта, что существуют два принципиально различных процесса эволюции: процессы в замкнутых системах ведут к тепловому равновесию, а процессы в открытых системах могут быть процессами самоорганизации – решило многие научные противоречия. Для выбора пути наиболее эффективной самоорганизации, упорядоченности различных состояний необходима сравнительная оценка степени «самоорганизованности», которая предполагает введение количественной характеристики степени упорядоченности различных состояний открытых систем.

Еще И. Пригожин отмечал, что «необходима единая теория, которая бы естественным образом описывала два выделенных класса процессов. Она должна быть эффективной на всех уровнях статистического описания: кинетическом, гидродинамическом, диффузионном, термодинамическом»².

Круг систем, для описания которых необходима количественная оценка степени упорядоченности различных состояний, очень широк: от простейших систем до Вселенной. Например, физический вакуум, который обладает максимально возможной степенью хаотичности, и из которого при наличии управляющих параметров в открытых системах возникают структуры. Один из наиболее существенных и вместе с тем наиболее трудный в теории самоорганизации – это вопрос о выборе (определении) управляющих параметров. При наличии нескольких параметров порядка возможны различные пути самоорганизации, различные «сценарии» возникновения порядка из хаоса.³

¹ Вернадский В.И. Избранные труды по истории науки. – М. 1981. – С. 32–33.

² Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ./ Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова. – М.: «Прогресс», 1986. – 432 с.

³ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ./ Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова. – М.: «Прогресс», 1986. – 432 с.

Одной из характеристик степени упорядоченности при определенных дополнительных условиях может служить энтропия Больцмана – Гиббса. Сегодня понятие энтропии расширилось благодаря исследованиям сложных хаотических, стохастических движений динамических систем. Для определения возможности использования понятия энтропии для количественной характеристики степени упорядоченности при процессах самоорганизации открытых системах могут быть рассмотрены два подхода.

Как было показано выше, в изолированной системе происходит процесс приближения ее к равновесному состоянию. Происходит рост энтропии системы, и уровень ее остается неизменным при достижении равновесного состояния. Установленный Больцманом на примере разреженного газа этот результат носит название H-теоремы Больцмана.

Если же рассматривать совокупность стационарных состояний, отвечающих различным значениям управляющего параметра, то начало отсчета управляющего параметра может быть, в частности, выбрано таким образом, что его нулевому значению будет отвечать «состояние равновесия».

Для открытых систем аналогом H-теоремы Больцмана является так называемая S-теорема, которая говорит о следующем. «Если за начало отсчета степени хаотичности принять «равновесное состояние», отвечающее нулевым значениям управляющих параметров, то по мере удаления от равновесного состояния вследствие изменения управляющего параметра значения энтропии, отнесенные к заданному значению средней энергии, уменьшаются».¹

При рассмотрении возможности решения различных практических задач с позиций теории самоорганизации внимания заслуживают работы и других авторов.

Например, рассматривается проблема адаптации человечества и выживания человеческой цивилизации. Феномен адаптации предлагается трактовать иначе, чем в моделях функциональной социологии от Г. Спенсера до Э. Дюркгейма, Т. Парсонса, Г. Ниебста и других авторов: «социальная система приспосабливается не столько к спонтанно изменяющимся условиям среды (такие ситуации менее интересны и относительно тривиальны), сколько к собственным растущим возможностям и последствиям человеческой деятельности. Это одно из принципиальных отличий модели, построенной на концепции устойчивого неравновесия»². При традиционном подходе социальные изменения рассматриваются как следствия внешних возмущений, которые выводят систему из состояния равновесия. Кроме того, как и в физике, социальная система более или менее успешно стремится вернуться к исходному равновесию. «Синергетика же ставит акцент на имманентном характере противоречий между обществом и природой, временная стабилизация отношений между которыми обеспечивает

¹ Климонтович Ю. Л. Уменьшение энтропии в процессе самоорганизации. S-теорема. Письма в Журнал технической физики 1983, т. 8, с. 1412 и другие его работы.

² Назаретян Н.А. Синергетика в гуманитарном знании: предварительные итоги. – М.: «ОНС», № 2, 1997.

ся прежде всего балансом параметров культурного развития и систематически нарушается активностью самого общества».¹

Такой подход привлекает внимание к *антропогенным кризисам*, которые могут считаться наиболее продуктивными с эволюционной точки зрения и являются наиболее многочисленными сегодня. Синергетическая и равновесная модели должны дополнять друг друга в функциональной социологии. Кроме того, синергетическая модель может служить связующим звеном между ней и «диалектической» концепцией (ориентированной на социальные конфликты как движущую силу развития) либо основой для органичного синтеза изначально конкурирующих традиций обществоведения.

Кроме того, заслуживает внимания антиэнтропийная функция культуры, а также оборотная (разрушительная) сторона антиэнтропийных механизмов. Таким образом, предыстория и содержание современного глобального кризиса могут быть рассмотрены с помощью синергетической модели развития в новом ракурсе, как нарушение закона техно-гуманитарного баланса. Он представляет собой несоразмерность выработанных предыдущим историческим опытом ценностно-нормативных регуляторов наличному технологическому потенциалу. Кроме того, должны рассматриваться и перспективы решения наиболее острых проблем и вероятная цена, которую придется заплатить за нарушение этого баланса.

Необходимо обратить внимание на еще одну общесистемную закономерность, которая раскрывается в рамках теории самоорганизации и имеет принципиально важное значение для понимания глобальных проблем.

Отечественный ученый Е. Седов доказал при анализе динамики организационных связей в сложных развивающихся системах, «что эффективный рост разнообразия на верхнем уровне структурной иерархии всегда оплачивается ограничением разнообразия на предыдущих уровнях, и наоборот, рост разнообразия на низшем уровне оборачивается разрушением высших уровней»². Это утверждение может относиться к любым системам, как природным, так и социоприродным, социальным, семиотическим, духовным. Поэтому закон иерархических комбинаций Е. Седова имеет широкое научное значение. Как считает автор, «он решающим образом дополняет закон необходимого разнообразия, сформулированный У. Р. Эшби в 50-х годах, и продуктивно завершает многовековой спор философов, социологов, этиков (начиная, как минимум, с Анаксагора и Эмпедокла) о том, сопряжено ли поступательное развитие с ростом или, напротив, с ограничением разнообразия»³. И сегодня обсуждение перспектив и стратегий социального развития без принятия во внимание этой нетривиальной зависимости кажется уже невозможным.

Итак, становится ясно, что термины, применяющиеся для описания процессов самоорганизации в естественных науках, например, в физике, такие как энтропия, хаос и т. д. находят успешное применение и при описании самоорга-

¹ Там же.

² Назаретян Н.А. Синергетика в гуманитарном знании: предварительные итоги. – М.: «ОНС», № 2, 1997.

³ Там же.

низации в социальных системах. Это позволяет предположить, что при описании функционирования экономических систем такие термины также могут быть вполне применимы.

Как выразился К. Майнцер в своем докладе, сделанном на Международном синергетическом форуме в 1996г. в Москве: «Как ни печально, но в экономике все еще доминируют линейные модели. С качественной точки зрения, предложенная Адамом Смитом модель свободного рынка уже может быть объяснена самоорганизацией. Смит подчеркивал, что добрые или дурные намерения индивидов несущественны. В отличие от централизованной экономической системы равновесие спроса и предложения не управляется программируемым центральным процессором, а является результатом действий «невидимой руки» (Смит), т.е. ни чем иным как нелинейным взаимодействием потребителей и производителей»¹.

Характерной особенностью сложных нелинейных систем в экономике и обществе является самоподкрепляющаяся механика с положительными обратными связями. Например, если продукт на рынке обладает какими-то свойствами, обеспечивающими ему конкурентные преимущества, то, в конце концов, рыночный лидер возобладает и увеличит свое преимущество, не будучи при этом обязательно лучшим продуктом. Конкурирующие продукты на начальном этапе могут иметь примерно равные доли на рынке. Увеличить рыночную долю какого-то определенного продукта могут едва заметные флуктуации, которые и определяют его окончательный успех. Эффект того, что иногда, с технической точки зрения, рыночный лидер может уступить по качеству своим конкурентам, не может быть объяснен в рамках традиционной линейной динамики. А с помощью теории нелинейных систем это становится возможным.

В качестве примера специфической динамики рынка в экономике можно представить самоорганизующийся фондовый рынок с его кризисами и хаосом. Кроме того, необходимо учитывать зависимость рынков от различных циклов, например, хозяйственный, туристический или топливный рынок определяет годичный солнечный цикл. Сезонные распродажи и строительный цикл также могут служить примерами цикличности в экономике. Таким образом, эндогенные нелинейные системы, подверженные волнам экзогенных воздействий, могут являться реалистическими моделями экономики.

Великая депрессия, развивавшаяся в 1930 гг., послужила исторически стимулом к созданию экономических моделей циклов деловой активности. Однако первые модели (например, модели Хансена-Самуэльсона и Лундберга-Метцлера) были линейными. Анализ циклов, не требующий учета экзогенного фактора, стал возможен только тогда, когда математики открыли странные аттракторы. Традиционные линейные модели 1930 гг. легко могут быть легко переформулированы в рамках теории нелинейных систем. Существует много замечательных примеров хаотических («странных») аттракторов в экономике. Небольшие отклонения в начальных условиях могут существенным образом ска-

¹ Князева Е.Н. Международный Московский синергетический форум (некоторые итоги и перспективы) // Вопросы философии, 1996, №11.

заться на поведении траектории («эффект бабочки»), хотя каждая траектория точно определяется эволюционными уравнениями, но на больших промежутках времени она не может быть вычислена и предсказана.

Для построения глобального фонового портрета экономической динамики теория сложных систем также может оказаться полезной. Иногда для нахождения локальных равновесий экономического благосостояния опыт и интуиция полезнее, чем научное знание. Для того чтобы правильно обращаться со столь высокочувствительной, сложной системой, политики сами должны обладать высокой чувствительностью. С одной стороны, исторический опыт показал ложность представлений о планируемом рынке. С другой стороны, исторический опыт показывает, что самоорганизующийся рынок не обеспечивает благосостояние автоматически таким же образом, как снежинка рождается с помощью процесса молекулярной самоорганизации. Необходимы определенные социальные условия («управляющие параметры») для того чтобы рынок служил людям и способствовал созданию благосостояния.¹

Кроме того, общество производства и потребления должно находиться в сложном равновесии и быть встроено в природные циклы (например, посредством вторичной промышленной переработки). Известным является тот факт, что кратковременные преимущества (например, прибыли, приносимые производством, или благосостояние потребителей) могут привести к глобальному ухудшению условий жизни. К эколого-экономическим проблемам относятся и экспоненциальный рост народонаселения, промышленности и сельскохозяйственной деятельности, и все ухудшающиеся климатические условия. Использование естественных источников энергии: солнца, ветра, воды, горючих ископаемых и ядерной энергии лежит в основе человеческой деятельности. Теория сложных систем может помочь нам выбрать подходящую стратегию использования энергии, климата, достижения благосостояния с учетом циклов и состояний равновесия в экономико-экологической системе.

Существуют интересные описания финансовой системы с применением современного математического аппарата.

Например, «экономическая система может находиться в двух и более «равно хороших» состояниях, являющихся результатами мало в чем сходных системных стратегий, так что соотнесение данной стратегии (принципов действия, критериев оптимальности, максимизируемого параметра) с оптимумом экономической системы в основе своей произвольно»². У экономической теории пока нет соответствующего языка для описания *системных переходов*, или переключений систем, которые происходят вблизи оптимума.

Системные законы, управляющие поведением экономических систем, могут резко, т. е. без промежуточных переходов, изменяться вблизи определенных состояний. Причем может изменяться целая система управляющих «законов»

¹ Князева Е.Н. Международный Московский синергетический форум (некоторые итоги и перспективы) // Вопросы философии, 1996, №11.

² Евстигнеев В.Р. Идеи И. Пригожина в экономике. Нелинейность и финансовые системы. – М.: «Общественные науки и современность», № 1, 1998.

всей экономической системы, а не какой-то один или несколько управляющих параметров. То есть экономическая система самостоятельно становится «вдруг» другой, с другими характеристиками. А экономическая теория даже на самом общем уровне уловить эти переходы не может. Существует фундаментальная нелинейность, которая присуща экономическим системам в целом, а не просто нелинейный вид какой-либо функции. И эта нелинейность не находит отражения в структуре экономического знания.

В поведении финансовых систем часто происходят «нелинейные» изменения, т. е. реакции участников финансовых рынков могут вдруг стать абсолютно противоположными. Объяснение этому может быть достаточно простым: последовательно изменилось соотношение факторов, существенно влияющих на ситуацию. Поведение Великобритании в ходе кризиса механизма обменных курсов Европейской валютной системы в начале 1990 гг. может рассматриваться с противоположной «методологически передовой» точки зрения, так, что оно является типичным примером «нелинейного перехода», «синергетического эффекта». Правительства могли неопределенно долго уклоняться от девальвации, о чем свидетельствовала высокая безработица. Спекулянты на валютных рынках вели себя соответственно. Но наступает момент, когда высокий уровень безработицы делает девальвацию неотвратимой, и валютные спекулянты меняют свое поведение на прямо противоположное. Речь здесь может идти «просто об изменении «вклада» различных факторов, формирующих текущее представление правительства об оптимальной валютно-финансовой политике»¹.

Особую роль в исследовании финансовых систем могут играть идеи конечных состояний, существенно различных равновозможных системных состояний и нелинейных переходов между ними, слабых возмущений (малых изменений начальных условий), определяющих стратегию движения системы.

В качестве примера может выступать известная дилемма Бейджхота. Это один из важнейших для теории финансов классических вопросов. У. Бейджхот сформулировал его в неявном виде около 125 лет, и суть заключается в том, что центральный банк должен руководствоваться в своей политике двумя основными правилами: заботой о поддержании резервов и обеспечением доступа национальной банковской системы к дешевому источнику ликвидности в целях предотвращения кризиса финансовой системы.

Эти два правила несовместимы. Поэтому и существуют попытки свести одно из них к другому или как-то иначе преодолеть саму ситуацию дилеммы. Для самого Бейджхота здесь не было никакого болезненного противоречия, почему он и не подчеркнул «свою» дилемму в явной форме. «Центральный банк действует, в принципе, в двух различных режимах или системных ситуациях, каждая из которых может быть выражена как специфическая система приоритетов («целевых» состояний, *attractors*) и подчиняется специфическим, слабо совместимым законам».²

¹ Евстигнеев В.Р. Идеи И. Пригожина в экономике. Нелинейность и финансовые системы. – М.: «Общественные науки и современность», № 1, 1998.

² Евстигнеев В. Р. Идеи И. Пригожина в экономике. Нелинейность и финансовые системы. – М.: «Общественные науки и современность», № 1, 1998.

Промежуточные состояния отсутствуют, когда центральный банк переходит из одного режима в другой, или банковская система (и вся финансовая система в целом) из одной системной ситуации в другую. Существует жестко определенный набор состояний для финансовой системы, а не их континуум. Это значит, что в ситуации системного кризиса, или «выбора» текущего режима, состояние сложного макрообъекта, такого, как финансовая система, – это не результирующая микроявлений. Потому первичным, по отношению к системе, и независимым от нее в достаточной степени является набор системных состояний. Накопление «достаточных» условий, например, распространение панических настроений на «достаточно важные (центральные) рынки» или, наоборот, сравнительное истощение резервов центрального банка, которые определяют системный выбор, не обязательно жестко определяют переходы финансовой системы от состояния x^+ к состоянию x^- .

Интерес для любых сложных экономических систем, не только финансовых, заключается в том, что в окрестностях системного перехода одновременно могут существовать оба режима. Это значит, что два (или больше) системных состояния могут образовывать единую сложную структуру, пребывающую в динамическом равновесии. Описание динамики финансовой системы можно осуществлять «не в терминах состояний, от одного из которых к другому она якобы переходит, а в терминах состояний второго порядка, т.е. ансамблей состояний» различной сложности: от элементарного ансамбля, включающего только одно абсолютно вероятное системное состояние, до ансамблей высокой степени сложности, включающих в себя более двух системных состояний, переходы между которыми (а значит, и между системами «управляющих законов» и структурных параметров) не выводимы из «накопленных признаков» и должны, следовательно, изучаться отдельно и заведомо не путем исчерпывающего описания системы»¹.

Проследивая в разных исследованиях уровни сложности финансовых систем (финансового поведения экономических систем) в зависимости от исходных условий, можно сделать вывод, что слабые возмущения (изменения начальных условий) приводят к тому, что финансовая система оказывается способной к нелинейным переходам между различными режимами функционирования, в рамках которых, одна и та же финансово-денежная политика порождает совершенно разные, в том числе несовместимые, эффекты.

Вывод можно сделать следующий: финансовая система – это один из примеров классической сложной системы, обладающей значительным потенциалом самоорганизации. При отсутствии внешней направляющей силы в ней спонтанно могут формироваться сложные устойчивые структуры. Причем каждой из них соответствует специфический режим функционирования системы. Его, в свою очередь, характеризует устойчивость во времени и жесткие отличия от иных режимов. При этом существует конечный набор устойчивых состояний, к которому стремится все непрерывное многообразие различных сочета-

¹ Евстигнеев В.Р. Идеи И.Пригожина в экономике. Нелинейность и финансовые системы. – М.: «Общественные науки и современность», № 1, 1998.

ний параметров системы. Такие состояния являются конечными, или «привлекающими», состояниями (*attractors*). Промежуточные состояния системы при переходе от одного состояния к другому практически отсутствуют. Примерами конечных состояний могут служить простейшее состояние системного коллапса и ряд сложных состояний структурной стабильности.

Вышеизложенное иллюстрирует, что понятие самоорганизации широко применяется сегодня в различных областях экономической науки. Существует даже сравнительно молодое направление научного знания, так называемая синергетика, уже упомянутая нами в эволюции теорий самоорганизации.

Впервые понятие **синергетика** было введено в работах Лауреата Нобелевской премии профессора Штутгартского университета Германа Хакенена. На Первой Всемирной конференции по самоорганизации в 1973 г. сделанный им доклад положил начало новой междисциплинарной науке – синергетике. В настоящее время под синергетикой понимают «науку о самоорганизации в системах самой различной природы – физических, химических, социальных, биологических, экономических...»¹.

Существует около 30 многочисленных определений синергетики, сделанных в разное время разными учеными. Обобщены они следующим образом: «синергетика – это наука о сложных системах, взаимодействующих с внешней средой, в которых наблюдается коллективное многочастичное действие разнородных элементов, приводящее к необратимому, нелинейному, неравновесному поведению системы, развитию системы через каскад относительно устойчивых состояний»².

Так как практическая экономическая синергетика пока еще целиком не создана, то, образно говоря, в публикуемых работах по этой теме «представляется философия экономической синергетики»³.

В данной работе мы не ставим цели разработать какие-либо положения междисциплинарной науки – синергетики, но при исследовании проблем управления современным высшим учебным заведением как сложной самоорганизующейся системой с позиций теории самоорганизации воспользуемся понятийным аппаратом синергетики и ее разработанным инструментарием.

Основные свойства самоорганизации социальных объектов связаны с дифференциацией и интеграцией элементов организационной системы, изменением взаимосвязей между ними. Они способствуют появлению флуктуации на микроуровне, приводящей к рождению новых структур и появлению новых качеств в точках бифуркаций.⁴ Поэтому основой управления современной организацией становятся процессы определения стратегии развития, выделения

¹ Кузнецов Б.Л. Синергетический менеджмент в машиностроении: Учебное пособие // Изд-во Камского госуд.-политех. ин-та. – Наб.Челны, 2002.

² Там же.

³ Ю. С. Перевощиков Предисловие к монографии «Введение в экономическую синергетику» Б. Л. Кузнецова.

⁴ Василькова В. В. Порядок и хаос в развитии социальных систем: Синергетика и теория социальной самоорганизации. – СПб.: «Лань», 1999. – 480 с.

факторов самоорганизации и воздействия на них для движения организации в заданном направлении.

Прежде чем перейти к непосредственному рассмотрению возможности управления организацией с точки зрения самоорганизации, необходимо определиться в таких основных понятиях, как развитие, эволюция, рост, поскольку выработанная философией единая, общепринятая точка зрения на них несколько отличается от точки зрения теории самоорганизации, что крайне затрудняет возможность оперирования этими понятиями.

Общепринятое определение понятия «развитие» звучит следующим образом. Развитие представляется необратимым, направленным, закономерным изменением материи и сознания, их универсальным свойством; в результате развития возникает новое качественное состояние объекта – его состава или структуры.

На наш взгляд, в данном определении есть нуждающиеся в существенной корректировке положения. Во-первых, необратимыми являются процессы изменения открытых систем, и, хотя таковых большинство, все же существуют и закрытые системы, в которых происходят обратимые изменения. Во-вторых, в результате развития изменяется не только структура системы, но и ее поведение, функционирование. В системных и даже некоторых синергетических определениях развития указанные недостатки присутствуют, а его достоинства нередко не реализуются.

Все многообразие взглядов на развитие можно представить в виде четырех групп. Первая группа исследователей связывает развитие с реализацией новых целей, целенаправленностью изменений, но это не является необходимым условием, а тем более атрибутом развития (традиционные взгляды).

Вторая рассматривает его как процесс адаптации к окружающей среде, что также является лишь его условием – необходимым, но отнюдь не достаточным.¹

Третья группа подменяет развитие его источником – противоречиями системы.²

Четвертая – отождествляет развитие с одной из его линий – прогрессом, или усложнением систем (эволюцией).³

На наш взгляд, под развитием следует понимать качественное изменение состава, связей (т. е. структуры) и функционирования системы, или, кратко, любое качественное изменение системы. Количественное изменение состава и взаимосвязей системы выражает понятие «рост» и его темпы (следовательно, рост не следует отождествлять с развитием, что характерно для многих

¹ Гумеров Ш. А. Развитие и организация // Системные концепции развития. – М., 1985. Вып. 4. – С. 71.

² Диалектика познания сложных систем /Под ред. В. С. Тюхтина. – С. 45.

³ Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера. – М.: Молодая гвардия, 1990, С. 43; Он же. Модели экологии и эволюции. С. 6; Корсунцев И. Г. Философия развития (опыт глобальной эпистемологии). – М., 1995. С. 15.

экономистов). Развитие может идти как по линии прогресса, так и регресса, и выражаться в эволюционной или революционной форме.¹

Революция в теориях самоорганизации получила название скачка, фазового перехода или катастрофы.

Трудно согласиться с распространенной точкой зрения насчет эволюции системы, отождествляемой то с развитием, то с ростом системы, то с ее прогрессом и регрессом, иногда и со всем перечисленным одновременно, либо с изменением, дифференциацией, а в узком смысле – с количественным изменением.

Поскольку эволюция является формой развития, а последнее представляет собой качественное изменение, было бы нелогично понимать под эволюцией количественное, постепенное изменение (тем более что количественное изменение отражается понятием «рост»). Под эволюцией мы будем подразумевать поступательное, медленное, плавное качественное изменение, а под революцией, как это и принято, – скачкообразное, быстрое качественное изменение.

Встает также вопрос о соотношении понятий «организация», «развитие» и базового для синергетики понятия «самоорганизация». Под самоорганизацией понимается процесс установления в системе порядка, происходящего исключительно за счет кооперативного действия и связей ее компонентов и в соответствии с ее предыдущей историей, приводящий к изменению ее пространственной, временной или функциональной структуры.²

Фактически, самоорганизация представляет собой установление организованности, порядка за счет согласованного взаимодействия компонентов внутри системы при отсутствии упорядочивающих воздействий со стороны среды.

Это требует уточнения понятия «организация», введенного ранее, вернее, разделения на организацию как взаимодействие частей целого, обусловленное его строением, которое может быть задано как самой системой, так и внешней средой; и организацию как упорядочивающее воздействие среды; а также организацию как объект такого воздействия. В концепциях самоорганизации организация понимается в двух последних смыслах.

Что касается соотношения понятий «развития» и «самоорганизация», то первое следует признать более широким, поскольку оно включает: как организующие воздействия среды, так и самоорганизацию; как прогрессивные процессы (которые в основном исследуют концепции самоорганизации), так и регрессивные.

Чтобы система была самоорганизующейся и, следовательно, имела возможность прогрессивно развиваться, она должна удовлетворять, по крайней мере, следующим требованиям: система должна быть открытой, т.е. обмениваться со средой веществом, энергией или информацией; процессы, происходящие в ней, должны быть кооперативными (корпоративными), т.е. действия ее компонентов должны быть согласованными друг с другом; система

¹ Айламазян А. К., Стась Е. В. Информатика и теория развития. – М., 1989. – С. 42.

² Хакен Г. Синергетика: Пер. с англ. – М, 1980. С. 226; Концепции самоорганизации: становление нового образа научного мышления. – М, 1994. С. 12, 21, 26 - 27.

должна быть динамичной; находиться вдали от состояния равновесия. Главную роль здесь играет условие открытости и неравновесности, поскольку, если оно соблюдено, остальные требования выполняются почти автоматически.

Если в материалистической диалектике недооценивалась роль среды, то в концепциях самоорганизации важно обратить внимание на роль самой системы (и ее подсистем) в ее развитии.

Если флуктуации открытой системы недостаточно сильны (особенно это касается флуктуаций управляющего параметра или подсистемы), система отвечает на них возникновением сильных тенденций возврата к старому состоянию, структуре или поведению, что раскрывает глубинную причину неудач многих экономических реформ. Если флуктуации очень сильны, система может разрушиться.

Любая из описанных возможностей может реализоваться в так называемой точке бифуркации, вызываемой флуктуациями, в которой система испытывает неустойчивость. Точка бифуркации представляет собой переломный, критический момент в развитии системы, в котором она осуществляет выбор пути.¹ Термином «катастрофа» в концепциях самоорганизации называют качественные, скачкообразные, внезапные («гладкие») изменения, скачки в развитии.²

Поведение всех самоорганизующихся систем в точках бифуркации имеет общие закономерности. Рассмотрим наиболее важные из них.

1. Точки бифуркации часто провоцируются изменением управляющего параметра или управляющей подсистемы, влекущей систему в новое состояние³.
2. Потенциальных траекторий развития системы много и точно предсказать, в какое состояние перейдет система после прохождения точки бифуркации, невозможно, что связано с тем, что влияние среды носит случайный характер (это не исключает детерминизма между точками бифуркации)⁴.
3. Н. Д. Кондратьев полагал, что случайность вообще не может быть поставлена рядом с категорией причинности. Во всяком случае, это касается регулярности событий. Поэтому случайными Н. Д. Кондратьев называл такие иррегулярные события, причины которых при данном состоянии научного знания и его средств не могут быть определены⁵.
4. Выбор ветви может быть также связан с жизненностью и устойчивым типом поведения системы⁶. Согласно принципу устойчивости, среди возможных форм развития реализуются лишь устойчивые; неустойчивые если и возникают, то быстро разрушаются.

¹ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – С. 17, 28.

² Постон Т., Стюарт Й. Теория катастроф и ее приложения. – С. 20.

³ Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. – М., 1983. С.

⁴ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – С. 28–29.

⁵ Кондратьев Н. Д. Основные проблемы экономической статики и динамики. – С. 170–176.

⁶ Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. – С. 279.

5. Повышение размерности и сложности системы вызывает увеличение количества состояний, при которых может происходить скачок (катастрофа), что отмечал еще А. А. Богданов. Впоследствии эта закономерность стала известна как «закон Легасова» – чем выше уровень системы, тем более она неустойчива, тем больше расходов требуется на ее поддержание. Чем более неравновесна система, тем из большего числа возможных путей развития она может выбирать в точке бифуркации¹. Два близких состояния могут породить совершенно различные траектории развития².
6. Одни и те же ветви или типы ветвей могут реализовываться неоднократно. Например, в мире социальных систем есть общества, многократно выбиравшие тоталитарные сценарии. Временная граница катастрофы определяется «принципом максимального промедления»: система делает скачок только тогда, когда у нее нет иного выбора³.
7. В результате ветвления (бифуркации) возникают предельные циклы – периодические траектории в фазовом пространстве, число которых тем больше, чем более структурно неустойчива система.
8. Катастрофа изменяет организованность системы, причем не всегда в сторону ее увеличения.

Таким образом, в процессе движения от одной точки бифуркации к другой происходит развитие системы. В каждой точке бифуркации система выбирает путь развития, траекторию своего движения.

Сформулируем некоторые выводы относительно влияния среды. Среда может быть для системы генератором энтропии (флуктуации, приводящие систему в состояние хаоса, могут исходить из среды). Среда может выступать также фактором порядка, поскольку те же флуктуации, усиливаясь, подводят систему к порогу самоорганизации; в среду может производиться отток энтропии из системы. В среде могут находиться системы, кооперативный обмен энтропией с которыми позволяет повысить степень упорядоченности. Даже, если среда воздействует на систему хаотически, а сила флуктуации недостаточно велика, для того чтобы вызвать точку бифуркации, система имеет возможность преобразовывать хаос в порядок, совершая для этого определенную работу⁴.

В процессе своего развития система проходит две стадии: эволюционную (иначе называемую адаптационной) и революционную (скачок, катастрофа). В результате этого произойдет качественный скачок и система сформирует новую диссипативную структуру, соответствующую выбранному аттрактору, что и происходит в процессе адаптации к изменившимся условиям внешней среды.

Возникает острое противоречие между старым и новым в системе, а при достижении параметрами системы и среды бифуркационных значений не-

¹ Режабек Е. Я. Мифомышление (когнитивный анализ). – М.: Едиториал, 2003. – С. 11.

² Моисеев Н. Н. Алгоритмы развития. – С. 295–296.

³ Постон Т., Стюарт Й. Теория катастроф и ее приложения. – С. 114.

⁴ Режабек Е. Я. Мифомышление (когнитивный анализ). – М.: Едиториал, 2003. – С. 14–16.

устойчивость становится максимальной и даже малые флуктуации приводят систему к катастрофе – скачку. На этой фазе развитие приобретает непредсказуемый характер, поскольку оно вызывается не только внутренними флуктуациями, силу и направленность которых можно прогнозировать, проанализировав историю развития и современное состояние системы, но и внешними, что крайне усложняет, а то и делает невозможным прогноз. Иногда вывод о будущем состоянии и поведении системы можно сделать, исходя из «закона маятника» – скачок может способствовать выбору аттрактора, «противоположного» прошлому. После формирования новой диссипативной структуры система снова вступает на путь плавных изменений, и цикл повторяется.

В исследованиях процесса развития имеется целый ряд неверных и недоказанных положений и догм, причем некоторые из них весьма распространены. Многие авторы поддерживают точку зрения об однонаправленности процесса развития, что, в частности, находит выражение в рассуждениях о «спирали развития», независимо от того, рассматривают ее как сходящуюся или расходящуюся. А ведь давно известно, что большинство процессов реального мира нелинейны, тогда как все вышеприведенные положения берут начало в ограничении процесса развития одним лишь прогрессом.

В действительности развитие реальных систем немонотонно и включает не только прогрессивные аттракторы, но и аттракторы деградации (которые впоследствии могут смениться прогрессом, а могут и привести систему к краху) и аттракторы разрушения.

В процессе развития, состоящего из циклически повторяющихся стадий эволюции и скачка, система постоянно переходит из устойчивого состояния в неустойчивое и обратно. Устойчивости системы способствует повышение универсализма в ее организации, которое является продуктом диверсификации подсистем, восполняющей их ограниченность, неповторимую единичность¹.

Это, конечно, не означает, что подсистемы всецело дублируют строение и функции друг друга, что привело бы к эффекту, обратному желаемому, речь идет лишь о своеобразной подстраховке на случай усиления флуктуации (насколько она эффективна, вполне можно судить по действию диверсификации на уровне фирм).

Другой пример повышения устойчивости системы в эволюционном периоде развития – сохранение определенной специализации подсистем. Например, многие системы (включая социальные, экономические) имеют в своем составе оперативные и консервативные подсистемы, из них первые приближаются к среде, улавливая ее флуктуации, вторые – отдаляются от нее, сохраняя качественную определенность системы. Оба условия могут работать на повышение устойчивости совместно и только при том условии, что они не выходят за определенные пределы. В противном случае устойчивость и самой системы, и ее подсистем понижается. Неустойчивость нередко возникает в ответ на введение в систему нового компонента.

¹ Режабек Е. Я. Мифомышление (когнитивный анализ). – М.: Едиториал, 2003. – С. 84.

В точке бифуркации неустойчивость усиливается благодаря тому, что всегда присутствующие в системах флуктуации, подавляемые в устойчивом состоянии, в результате нелинейных (автокаталитических, например) процессов, выводящих параметры за критические значения, усиливаются и вызывают скачкообразный переход в новое устойчивое состояние с меньшей энтропией, после чего цикл «плавное развитие – скачок», «эволюция – революция», «устойчивость – неустойчивость» повторяется.

Таким образом, и устойчивость, и неустойчивость, и адаптация, и дезадаптация являются в равной мере необходимыми в процессе развития любой системы. Абсолютно неустойчивая система не может противостоять флуктуациям, лишена способности к адаптации и быстро разрушается, тогда как суперустойчивая система, подавляя любые флуктуации, консервирует свою структуру и поведение.

Оба типа систем приходят к хаосу, различие между ними заключается во времени, которое проходит до взрывного роста энтропии. Поэтому высказываемое некоторыми исследователями мнение о том, что каждый момент времени можно рассматривать как точку бифуркации системы, вряд ли можно принять. Если бы это в действительности было так, то это означало бы полную утерю подобной системой адаптационных возможностей и собственной качественной определенности, поскольку тогда ее направляли бы сильные внешние флуктуации, вследствие чего система, придя в хаотическое состояние, распалась бы. Более или менее длительное существование подобных систем в реальной действительности маловероятно.

С проблемой устойчивости/неустойчивости в процессе развития тесно связан и вопрос о том, к какому результату он приводит – к конвергенции или дивергенции систем. Большинство затрагивающих данный вопрос исследователей придерживаются однозначного мнения о том, что в процессе развития происходит дивергенция систем (вспомним расходящуюся спираль развития). Это было бы возможно при соблюдении следующих условий:

- если бы развитие ограничивалось исключительно прогрессом и исключало регресс и возможности разрушения;
- если бы оно было линейным, однонаправленным, а не включало в себя разные аттракторы;
- если бы оно состояло из одних скачков, без эволюционного этапа.

Соблюдение подобных условий в действительности маловероятно и трудно вообразимо. Исходя из нелинейности процесса развития, его поливариантности и циклической смены эволюционного и бифуркационного этапов, нужно признать, что и дивергенция и конвергенция имеют место. При этом процессы дивергенции преобладают на бифуркационной стадии, а конвергенции – на эволюционной.

Если представить современное высшее учебное заведение, как сложную самоорганизующуюся социально-экономическую систему, то при решении задачи управления вузом необходимо учитывать следующее.

Главная проблема, связанная с преобразованиями системы управления вузом состоит в сочетании объективного процесса финансового планирования и распределения средств, как коммерческих, так и ресурсов государственного финансирования, и системы бюджетного контроля над использованием государственной собственности, с сохранением единства системы и ее целостности. Если эту проблему не удастся решить, неизбежны распад учебного заведения как административно-экономического целого, потеря им управляемости и, в конечном счете, деградация его основы – образовательной и научной деятельности.

Положение усугубляется тем, что в настоящее время собственность вуза разобщена, т.е. отдельные подразделения становятся автономными и переводятся на механизм самофинансирования, нарушая тем самым единство финансовой системы, что не может ни способствовать распылению финансовых ресурсов и потере реального контроля над движением денежных потоков в системе учебного заведения. Именно сознательное, целенаправленное, а не стихийное формирование финансовых ресурсов, фондов и форм собственности, включая и их правовой статус, позволит сохранить как целостность самого вуза, так и целостность системы его управления, в том числе и финансовых аспектов вузовского менеджмента. Без решения этой проблемы не исключен организационный распад вуза за счет полного экономического и юридического обособления подразделений, способных реально функционировать без бюджетной подпитки. Следует иметь в виду, что в условиях сокращающегося бюджетного финансирования «уход» подразделений, которые могут отчислять часть своих доходов в общеузовскую казну, сделает реализацию ведущей цели вуза трудно осуществимой.

В современных условиях проблема выживания вуза – это проблема повышения его конкурентоспособности. Ввиду огромного количества высших учебных заведений в стране, это борьба за повышение качества предоставляемых образовательных услуг, за лучший формат организационной структуры, позволяющий наиболее эффективно распределять бюджетные и внебюджетные средства с целью дальнейшего развития вуза, его материально-технической базы, повышения квалификации сотрудников, обеспечения достойной заработной платы и др.

Наблюдающееся в последнее время увеличение количества исследований, отличающихся нетривиальными подходами к изучению экономики, введение в научный оборот большого числа новых терминов – это признаки неудовлетворительного состояния нашего знания о сути и закономерностях экономических явлений.¹ В сочетании с серьезностью задач, стоящих перед экономическими субъектами, это приводит к высокой стратегической уязвимости принимаемых ими решений по повышению своей конкурентоспособности.

Решению этой проблемы должно служить выявление и осмысление фундаментальных характеристик отечественной экономической динамики, т.е. тех

¹ Кузык Б. Н. Россия в пространстве и времени / А. И. Агеев, О. В. Доброчеев, Б. В. Куроедов, Б. А. Мясоедов. – М.: Институт экономических стратегий, 2004. – С. 6.

параметров процессов, протекающих в экономике, которые в наименьшей степени поддаются искажающему влиянию интерпретаций и недостоверной информации. После уяснения логики построения обстоятельств, формирующих экономическое пространство, можно попытаться оценить последствия принимаемых решений субъектами экономики.

В этом смысле экономику можно представить как динамическую самоорганизующуюся систему. Естественно, что, будучи открытой, эта система вступает во взаимодействие с внешними структурами: экономическими системами других стран. Отношения эти реализуются в различных формах, начиная от кооперации и интеграции до санкций и конфликтов. Как мы уже выяснили, современный аппарат системно-синергетической теории вполне пригоден для описания экономических процессов. Вопрос заключается в определении степени детализации данной динамической системы, в определении характера состоявшихся тенденций для современной интерпретации конкурентного рынка и выработки стратегических направлений повышения конкурентоспособности организаций.

2005 год отличался заметными активными действиями государства в области разработки и реализации как стратегических, так и текущих мероприятий в области поддержки и развития образовательной сферы.

Следует отметить, что в течение 2004–2005 гг. деятельность правительства по разработке стратегических документов в сфере образования, определяющих приоритеты и целевые установки государства в поддержке и управлении развитием **образования как важнейшего ресурса формирования новой экономики, построенной на знаниях**, заметно активизировалась.

Так, в декабре 2004 г. Правительством РФ были одобрены **Приоритетные направления развития образования**. Они включают:

- развитие современной системы непрерывного профессионального образования (расширение дополнительной профессиональной подготовки, общественная аккредитация);
- повышение качества профессионального образования (категории вузов, уровня участия работодателей в изменении стандартов, реструктуризация начального и среднего профессионального образования);
- обеспечение инвестиционной привлекательности сферы образования (расширение организационно-правовых форм, общественные институты);
- повышение доступности качественного общего образования (предшкола, структура образовательных стандартов, ИУП в профильном обучении);
- переход на принципы подушевого финансирования и формирование эффективного рынка образовательных услуг.

Главным проектно-программным инструментом реализации основных направлений реформирования системы образования является **Федеральная программа развития образования на 2006–2010 гг.**, вошедшая в перечень федеральных целевых программ, утвержденных правительством РФ 11 сентября

2005 г. Кроме того, для обеспечения реализации приведенных выше направлений был разработан, согласован и утвержден правительством комплекс мероприятий по развитию образовательной системы РФ на период до 2010 г. (Поручение Правительства РФ от 25 мая 2005 г. № АЖП442534).

Однако острота и нерешенность социально-экономических проблем, сложившихся в образовательной сфере, отсутствие ожидаемого эффекта от бюджетных средств, направляемых на реализацию предыдущих целевых программ, и необходимость достижения прорывных результатов по наиболее острым вопросам обусловили постановку на федеральном уровне идеи реализации одного из приоритетных национальных проектов в сфере образования, который, по мнению разработчиков, должен дать мощный импульс развитию всей системе российского образования.

5 сентября 2005 г. президент России Владимир Путин выступил с инициативой реализации четырех национальных проектов, включая **проект «Развитие образования»**. Как и другие национальные проекты, он рассчитан на 2 года (2006–2007 гг.). Проект направлен на государственную поддержку вузов и школ, активно внедряющих **инновационные образовательные программы**, реализацию программы поддержки лучших учителей, информатизацию образования, поддержку талантливой молодежи, развитие системы профессиональной подготовки в армии, воспитание школьников и др. (Табл. 1.1).

По *первому* направлению объем поддержки составляет для общеобразовательной школы около 1 млн. руб., а для вуза – от 500 млн. до 1 млрд. руб. Полученные средства могут использоваться на подготовку и привлечение кадров, обновление материально-технической базы, включая программное обеспечение, проведение ремонтных работ, разработку учебно-методических материалов.

В качестве критериев отбора вузов предлагается использовать наличие стратегической программы, общественных органов управления (попечительских, наблюдательных советов), уровень внебюджетных ресурсов, качество подготовки специалистов по независимому рейтингу работодателей, переход на новые механизмы финансирования и новые организационно-правовые формы, участие в международных проектах.

По *второму* направлению на основе использования конкурсных процедур, разработанных с регионами, предусматриваются непосредственные ежегодные выплаты грантов для 10 тыс. лучших учителей в размере 100 тыс. руб.

**Компоненты приоритетного национального проекта
«Развитие образования»¹**

№ п/п	Направление	Масштаб мероприятий (индикаторы)
1	Государственная поддержка вузов и школ, активно внедряющих инновационные образовательные программы	30 вузов (около 2,5%) 6 тыс. школ (чуть менее 10%)
2	Ежегодные поощрения для лучших учителей страны	100 тыс. руб. для 10 тыс. лучших учителей страны
3	Поддержка активных пользователей информационных технологий обучения	20 тыс. школ (около 30%) и 100 вузов (менее 10%)
4	Создание новых университетов в Южном и Сибирском федеральных округах, а также бизнес-школ для подготовки управленческих кадров	2 университета в ЮФО и СФО и 2 бизнес-школы в Московском регионе и г. Санкт-Петербурге
5	Поддержка талантливой молодежи	5000 грантов по 60 тыс. руб.
6	Развитие системы профессиональной подготовки в армии	Не менее 100 учебных центров образовательной и профессиональной подготовки
7	Поддержка учителей за классное руководство, в том числе учителей начальной школы	Дополнительное ежемесячное денежное вознаграждение 900 тыс. учителей

По *третьему* направлению предусматриваются организация разработки федерального портала дистанционных программ обучения, поддержка активных пользователей информационных технологий через оснащение школ и вузов современным компьютерным оборудованием, обеспечение доступа к сети Интернет – 20 тыс. школ. Разработка Интернет-портала, программ дистанционного обучения (100 программ) и закупка оборудования на общую сумму 0,2 млрд. руб. обеспечат начало работы образовательного портала во 2-м полугодии 2007 г. Поддержка активных пользователей информационных технологий будет производиться по двум направлениям: на организацию компьютерных классов в 100 вузах и 2500 школах будет направлено 2,0 млрд. руб., а на подключение к Интернету 20 000 школ – 0,8 млрд. руб.

По *четвертому* направлению на базе концентрации ресурсов действующих вузов и научных центров предстоит создать два новых национальных университета (численностью учащихся не менее 25–30 тыс. человек, из них 20 % иностранных студентов) в Южном и Сибирском федеральных округах, а также открытие в Московской области и Санкт-Петербурге 2 бизнес-школ (до 1000 учащихся) с целью подготовки управленческих кадров для крупных инвестиционных проектов, развития предпринимательской активности и современных технологий управления. На все этапы работ по созданию новых вузов – от проектно-изыскательских работ до организации жилищной и социально-бытовой инфраструктуры для преподавателей и студентов на 2006–2008 гг. предусмотрено выделить всего 9 млрд. руб., в том числе для одного университета 3 млрд. руб., для бизнес-школы – 1,5 млрд. руб.

¹ Российская экономика в 2005 году. Тенденции и перспективы // (Выпуск 27) – М.: ИЭПП, 2006. – 440 с.

По *пятому* направлению для поддержки молодых изобретателей и ученых, талантливой и инициативной молодежи, имеющей выдающиеся достижения в учебе, предпринимательской и другой общественно значимой деятельности, будет выделено 5 тыс. индивидуальных грантов по 60 тыс. руб., предусматривается проведение конкурсов, летних выездных школ, выплата стипендий, грантов, разработка и ведение баз данных талантливой молодежи в возрасте от 12 до 20 лет. Также предусматривается организация общественного движения «Россия талантов».

По *шестому* направлению планируется для военнослужащих срочной службы создать условия для получения в специально создаваемых учебных центрах гражданских дипломов о начальном профессиональном образовании, а для контрактников (не менее 5000 человек) – условия для подготовки к поступлению в высшие учебные заведения. На создание одного учебного центра в армии предусматривается выделение около 5 млн. руб. По мнению Минобрнауки РФ, данные мероприятия повысят привлекательность армейской службы, превратят армию в инструмент образовательной и профессиональной подготовки, повысят доступность образования для отдельных слоев населения.

По *седьмому* направлению, учитывая особую важность воспитательной функции школы, предусматривается установить для 900 тыс. учителей, осуществляющих классное руководство, и учителей начальных классов ежемесячные дополнительные денежные вознаграждения.

По мнению разработчиков, системность изменений в сфере образования, порождаемых реализацией национального проекта, определяется предусмотренной им реализацией лучших образовательных практик, организацией площадок для стажировок, активным вовлечением в процедуры отбора организаций гражданского общества, потенциальных инициаторов изменений (не чиновников), усилением обратных связей в образовании через запуск систем анализа и мониторинга.

Данная глава посвящена выявлению универсальных закономерностей самоорганизации для формирования теоретического представления о процессе перехода вуза как открытой системы в новое качественное состояние. Дальнейшее изложение будет посвящено обоснованию необходимости реализации вузом инновационной деятельности как источника структурной эволюции и механизма, запускающего процесс самоорганизации, а также применить положения теории устойчивости к обоснованию возможности сохранения национальной специфики вуза в условиях новой экономики и глобализации образовательных стандартов.