МЕТОДЫ НЕРАВНОВЕСНОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Г. А. КРАСНОВ, аспирант,
В. В. ВИНОГРАДОВ, д-р экон. наук, профессор
А. А. КРАСНОВ, канд. физ.- мат. наук, доцент

Г. А. КРАСНОВ, аспирант кафедры “Экономики сельского хозяйства”. ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». Россия, 603107, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д.97. Тел.: (831) 466-06-84, эл. почта: mrtwister@yandex.ru

В. В. ВИНОГРАДОВ, д-р экон. наук, профессор кафедры “Экономики сельского хозяйства”. ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». Россия, 603107, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д.97. Тел.: (831) 466-06-84, эл. почта: mrtwister@yandex.ru

А. А. КРАСНОВ, канд. физ.- мат. наук, доцент кафедры физики ГОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 603950, г. Н.Новгород, ул. Ильинская, д.65. Тел.: (831) 430-55-02, эл. почта: mrtwister@yandex.ru

В области экономических исследований остро стоит проблема определения единой интегральной переменной, на основе которой можно анализировать состояние экономической системы. Состояние экономической системы во многом зависит от динамического изменения внешней среды и взаимодействия отдельных экономических элементов внутри системы. Элементы экономической системы находятся в определенном порядке и связаны определенными отношениями. Структурой экономической системы можно назвать организацию элементов и характер связи между ними. Таким образом, экономическая система представляет собой определенное целостное образование, состоящее из отдельных взаимодействующих экономических элементов и их связей. Как целое, система образует новое качество, которое не сводится к сумме качеств ее элементов. В этом наблюдается некоторая аналогия с изменением свойств при переходе от малого к большому числу частиц в статистической физике - переход от динамических к статистическим закономерностям. Следует отметить, что всякие аналогии физических и экономических систем весьма условны. Однако понятийный и математический аппарат нелинейной неравновесной термодинамики и

синергетики могут оказаться полезными в описании и анализе экономических систем. Первая попытка соединения экономики с термодинамикой принадлежит выдающемуся российскому экономисту Н.Д.Кондратьеву [1]. Известны попытки применения методов термодинамики для исследования и управления процессами ресурсообмена и ресурсораспределения[2- 4]. Одним из основных результатов работы [4] являются фрактально-кластерные соотношения, которые показывают, что соотношения различных видов ресурсов между основными потребностями самоорганизующихся систем имеют универсальный характер. Это позволяет только в статике оценить эффективность экономической системы на основе соотношения различных видов ресурсов. Следует отметить, что аналитической теории на основе фрактально-кластерных соотношений создано не было. Классическая термодинамика предполагает, что неравновесные системы хаотичны. И. Пригожин[5] показал, что достаточно сложные системы структурируются, т.е. следуют определенным правилам. Если такая структура поддерживается с течением времени, то такое состояние называется динамическим равновесием, а система является самоорганизованной. В последнее время в науке развивается направления, связанные с изучением пространственно - временного упорядочивания в различных системах. Это направление называется синергетикой[6-8]. Создателем синергетического направления в науке является профессор Герман Хакен[8]. Согласно теории детерминированного хаоса [7,8] развитие системы можно представить как смену устойчивых упорядоченных состояний через периоды хаоса (бифуркаций) со все увеличивающейся сложностью этих состояний, причем именно хаос способствует самоорганизации системы в новом устойчивом состоянии под воздействием управляющих факторов. Еще в 1968 году Е.А.Александровым и В.П.Боголеповым[9] был предложен метод оценки уровня организованности системы на основе энтропии. Поэтому в экономической литературе часто для описания и исследования развития экономических систем используют аналогии из физики, в частности, понятие энтропии (S) [10-12]. Следует, однако, отметить, что многие работы по анализу экономических систем на основе энтропийных критериев ограничиваются лишь общенаучными рассуждениями[13-16]. Критический анализ этих исследований показывает, что в приложении к экономическим системам они содержат немало дискуссионных и нерешенных вопросов, особенно в аспекте определения энтропии для конкретной экономической системы, выявления функциональной связи энтропии с конкретными экономическими параметрами системы, влияние энтропии экономической системы на общие затраты. При этом понятие энтропии в термодинамическом смысле часто подменяется понятиями из других областей знаний. Например, И. В. Прангишвили утверждает, что энтропия является количественной мерой неопределенности экономической системы, а мерой измерения энтропии называет количество доступной информации о

системе[10]. Следует помнить, что помимо термодинамической и статистической существует информационная энтропия. Информационная энтропия - мера внутренней неупорядоченности информационной системы. Понятие энтропии было введено Р. Клаузиусом [17], позднее Р. Больцман дал статистическую трактовку энтропии через вероятность нахождения молекул идеального газа в некоторой фиксированной ячейке фазового пространства[18]. Статистическая механика связывает энтропию с вероятностью осуществления макроскопического состояния системы следующим выражением.

$$S = k_B \ln W \quad (1)$$

Где, W — вероятность осуществления данного состояния (статистический вес данного состояния), а k_B — постоянная Больцмана.

Упорядоченным называют состояние, осуществляемое малым числом способов, т.е. у упорядоченного состояния статистический вес мал, значит мала и энтропия. Статистическую энтропию системы можно представить в виде суммы произведений вероятностей различных состояний системы на логарифмы этих вероятностей, взятых с обратным знаком[19].

$$S = -\sum_{i}^{N} \rho(x) \log \rho(x) \quad (2)$$

где, i- элемент системы, N- число возможных состояний элемента системы, $\rho(x)$- функция распределения плотности вероятности

Фундаментальное свойство энтропии – энтропия всей системы равна сумме энтропий элементов, составляющих систему. Следует подчеркнуть, что формальное определение энтропии само по себе не опирается на субстанциональные характеристики систем. Другими словами, вовсе не важно, из чего построена система. Зато важно, как она себя ведет: является ли ее поведение детерминированным, однозначно определенным или существенную роль играют случайные процессы. Экономическую систему можно рассматривать как открытый сложный объект, который производит постоянный обмен ресурсами между элементами экономической системы и с внешней средой. При этом характер ресурсообмена экономической системы с внешней средой и распределение ресурсов между экономическими элементами системы во многом будут определять состояние системы. Следовательно, экономические системы являются "открытыми" системами, и их внутренняя энтропия (степень беспорядка-организованности) может меняться в любую сторону. И. Пригожин называет такие системы диссипативными, так как, получая энергию из окружающей среды, они ее впоследствии рассеивают в эту среду [20]. Кроме этого ресурсы определяют возможности экономической системы совершать определенные функции. Исходя из этого, понятие ресурса в экономических системах можно

отождествить понятию энергии в термодинамических системах. Упорядоченность системы нередко связывают (или даже отождествляют) с понятием организованности. Увеличение организованности ведет к резкому уменьшению доли состояний, в которых фактически пребывает система, следовательно к уменьшению энтропии. Е.А.Александров и В.П.Боголепов в работе [9] предлагают использовать для оценки степени организованности “шенноновскую "избыточность *R*.

$$R = 1 - S/S_{max} \quad (3)$$

Где S_{max} – максимальное значение энтропии системы

Будучи функциональной характеристикой системы, энтропия, вообще говоря, не затрагивает внутренних структурных особенностей системы, а определяет черты ее поведения в целом. Кроме этого энтропия не учитывает специфических особенностей конкретных организационных структур. Поэтому для анализа экономической системы понятие энтропии необходимо использовать в совокупности с конкретными производственно – экономическими данными рассматриваемой системы. В вопросе устойчивости экономической системы важную роль играет понятие адаптируемости. Согласно Дж. Касти [21] адаптируемость - это способность системы к поглощению внешних воздействий без резко выраженных отклонений в своем поведении. В случае экономической системы это способность системы предупреждать негативное воздействие за счет соответствующей корректировки ее структуры.

Эффективность любой производящей экономической системы определяется соотношением объема производства к затратам. Затраты можно разделить на прямые и косвенные: прямые затраты это прямые материальные расходы и прямые расходы труда на производство продукта; косвенные затраты это расходы на обслуживание и переналадку оборудования, административные расходы, коммерческие расходы и т.п.. Таким образом прямые и косвенные затраты это составляющие любых видов затрат. На современном этапе наблюдается уменьшение относительного удельного веса прямых затрат в себестоимости продукции в то время, как косвенные затраты, напротив, увеличиваются. Как показано в [22] одно из свойств косвенных затрат, это увеличение с ростом факторов производства. Рассмотрим косвенные затраты: в настоящее время к косвенным затратам относят такие затраты, как наладка оборудования, проведение измерений и т.д.. Такие затраты по нашему мнению необходимо считать “условно прямые”(У), поскольку они определяются технологическими процессами, используемыми в производстве и их можно достаточно точно учесть на основе Функционально Стоимостного Анализа [23]. В процессе развития экономической системы для сокращения прямых

затрат используют следующие ресурсы: квалификационные, организационные, инновационные, информационные. Стоимостная мера этих ресурсов будет определять косвенные затраты. Другими словами косвенные затраты это стоимостная мера поглощенных ресурсов не создающих стоимости для экономической системы. С другой стороны косвенные затраты запускают в действие факторы обучения и управления, инноваций и мотиваций, направленные на уменьшение прямых затрат. Действительно в работах [24,25] показано, что косвенные затраты, подобно ценам и инвестициям, становятся регуляторами прямых затрат и доходов. Однако, следует отметить, что на современном этапе в экономической литературе сущность косвенных затрат не нашла адекватного отражения.

Структура экономической системы обеспечивает максимальную эффективность согласованных действий экономических элементов системы. При этом экономическая система предназначена для выполнения определенных функций с целью получения экономических выгод. В результате выполнения функций экономической системы создается ресурс, который в виде продукта реализуется во внешнюю среду. Исходя из этого факторы определяющие затраты можно разделить на структурные и функциональные. Структура и функции экономической системы должны быть неразрывно связаны между собой. Оптимальная структура экономической системы, при данных условиях внешней среды, обеспечивает наилучшее выполнение функций. Деятельность экономической системы можно представить в виде совокупности элементарных процессов. В свою очередь, процессы можно разделить на функциональные, непосредственно формирующие содержание экономической системы и структурные, направленные на поддержание и развитие инфраструктуры экономической системы, обеспечивающие существование ее как таковой. Реализация процессов обуславливает затраты. Таким образом затраты на производство продукции мы можем представить в виде функциональных (прямые затраты + “условно прямые”) и структурных. В общем виде связь экономических параметров в процессе деятельности экономической системы можно представить в виде:

$$Q = \text{Р} + \Ф + \text{С} \quad (4)$$

Где, Q – количество ресурса, полученного в результате производственной деятельности экономической системы. Р – количество ресурса обеспечивающее прибыль экономической системы. Ф – количество ресурса потраченного на функциональные затраты. С - количество ресурса потраченного на структурные затраты.

По аналогии с термодинамикой выражение (4) можно рассматривать, как функцию состояния экономической системы. Исходя из этих аналогий величину (Q – С) можно интерпретировать, как полезная работа, а Q, как

полная работа. Тогда к.п.д. экономической системы можно представить в виде:

$$\eta = (Q - C)/Q \quad (5)$$

При разработке стратегии развития экономической системы функциональные затраты (Ф) можно с большой точность рассчитать, взяв за основу технологические процессы планируемые для производства. Эти затраты строго упорядочены технологическими процессами, используемыми в производстве. Однако, структурные затраты (С) обладают высокой степенью неопределенности, связанной с трудно предсказуемыми изменениями внешней среды, что, в свою очередь, обуславливает неопределенность изменения организации элементов экономической системы и характера связей между ними. Структуру экономической системы можно охарактеризовать степенью ее организованности. Для оценки степени организованности воспользуемся выражением (3). Согласно термодинамике термодинамическая энтропия определяет ту часть тепловой энергии термодинамической системы, которая не может быть преобразована в работу совершаемую системой. В нашем случае структурные затраты это та часть ресурсов, которые не используются в прямом производстве продукции. С другой стороны статистическое толкование энтропии это термодинамическая вероятность того или иного состояния системы. Мы будем использовать статистическую энтропию. Для статистической энтропии $S_{max} = 1$. Тогда выражение (3) перепишется в виде:

$$R = 1 - S \quad (6)$$

В этом выражении R – является мерой порядка в экономической системе, а S- является мерой неупорядоченности (мерой хаоса) экономической системы.

В литературе известны работы [10, 26, 27] где утверждается на основе эмпирических исследований, что для устойчивого эволюционного развития сложной социально-экономической системы соотношение порядка и беспорядка в системе должно удовлетворять условию золотого сечения.

$$X = R/S = (\sqrt{5} - 1)/2 \quad (7)$$

Согласно выражения (7) для устойчивого эволюционного развития S должна быть больше R и как нетрудно определить из (6) и (7) составлять 0,62. Другими словами развитие экономической системы подразумевает относительное увеличение энтропии.

В работе[28] авторы напрямую связывают изменение энтропии экономической системы с изменением ее структуры, которая внешне находит отражение в соотношении двух видов стоимости: стоимости активов и инвестиционной стоимости. При этом X они определяют, как отношение стоимости формируемой остаточной прибылью к стоимости имущественного комплекса экономической системы. По нашему мнению, хотя прибыль и является результатом согласованных и упорядоченных действий экономических элементов системы, она все же связана с

неопределенностью, обусловленной структурными затратами. Поэтому, для определения X целесообразно рассматривать следующее соотношение:

$$X = Ф/С \quad (8)$$

Ф – реализуется в результате строго упорядоченных действий, обусловленных используемыми технологическими процессами

С – обладает самой высокой степенью неопределенности в экономической системе

Используя (6) и (7) нетрудно получить функциональную связь между Ф и С:

$$С = Ф\{ S/(1- S)\} \quad (9)$$

Тогда для устойчивого эволюционного развития отношение структурных затрат к функциональным экономической системы должно соответствовать следующему условию

$$С/Ф \approx 1,6 \quad (10)$$

Учитывая выражение (9) функцию состояния экономической системы можно представить в виде:

$$Q = Р + Ф\{1 + S/(1- S)\} \quad (11)$$

Из выражения (11) следует, что полные затраты экономической системы можно представить в виде:

$$З = Q – Р = Ф\{1 + S/(1- S)\} \quad (12)$$

На рисунке 1 представлен характер изменения относительных затрат экономической системы в зависимости от энтропии.

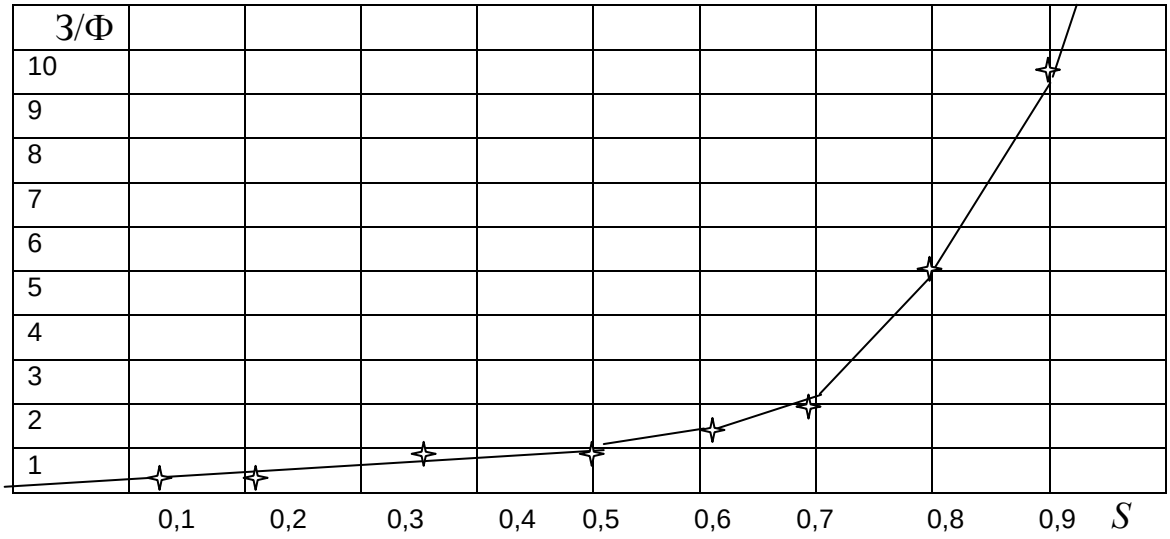


Рис.1 Динамика изменения относительных затрат экономической системы от изменения ее энтропии.

Выражение (11) можно рассматривать, как способ определения энтропии экономической системы в зависимости от соотношения общих затрат на производство и выпуска продукции. Очевидно, что точка безубыточности экономической системы, рассчитываемая, как Q = З будет изменяться по такому же закону.

К.П.Д. экономической системы можно представить в следующем виде:

$$\eta = [Р + Ф]/ [Р + Ф\{1 + S/(1- S)\}] \quad (13)$$

Рассмотрим рис.1 при $S = 0$ наша экономическая система может находиться только в одном состоянии при этом структурные затраты отсутствуют. Данное состояние будет характеризоваться отсутствием структуры экономической системы. То есть в этом состоянии никакой экономической деятельности не ведется. При увеличении энтропии структурные затраты увеличиваются. Динамику изменения затрат в зависимости от энтропии можно интерпретировать средним отношением $<V> = \Delta З/\Delta S$. При этом рассмотрим три интервала изменения S каждому интервалу будет соответствовать свое среднее значение$< V>$:

1) $0 < S < 0,5$; $< V1>$
2) $0,5 < S < 0,8$; $< V2>$
3) $0,8 < S < 1$; $<V3>$

Для рассматриваемых интервалов мы можем записать
$(< V1>)<(< V2>)<(< V3>)$. То есть третий интервал характеризуется наибольшей скоростью изменения затрат при изменении энтропии экономической системы. В этом интервале незначительное изменение энтропии может привести к гигантскому росту затрат и соответственно к разрушению экономической системы. Поскольку от энтропии экономической системы существенным образом зависят такие параметры производства, как суммарные затраты, точка безубыточности, К.П.Д., энтропию можно считать одним из важнейших критериев оценки состояния экономической системы на данном уровне развития.

Основная задача управленческих решений сводится не только к максимизации прибыли или минимизации издержек функционирования, но и к развитию самой экономической системы. Это подразумевает наличие определенного потока ресурсов в производство в виде инвестиций. Поскольку экономическую систему мы рассматриваем, как открытую термодинамическую то подводимая энергия в виде инвестиционного ресурса существенным образом будет влиять на энтропию экономической системы, изменяя структурные затраты.

Рассмотрим структурные затраты (С) исходя из того, как мы их определили, они эквивалентны трансакционным издержкам, возникающим внутри экономической системы вследствие необходимости поддержания и развития инфраструктуры экономической системы. Понятие трансакционные издержки было введено Коузом [29]. Трансакционные издержки можно определить как издержки экономического взаимодействия, в каких бы формах оно ни протекало. Исходя из этого трансакционные затраты внутреннего взаимодействия экономических элементов определяются энтропией экономической системы и могут быть рассчитаны на основе выражения (9). Таким образом в традиционном понимании накладные

затраты (Н) можно представить в виде суммы структурных затрат и “условно прямых”.

$$Н = С + У \quad (14)$$

При этом рост накладных затрат в экономической системе в процессе ее развития происходит в основном за счет структурной составляющей затрат (трансакционные издержки) вследствие увеличения энтропии.

В настоящее время в экономике наблюдаются интенсивные интеграционные процессы. При этом основной мотивацией интеграции является получение синергетического эффекта. Наглядное представление о структуре синергетического эффекта дает модель Робина Мэтьюза [30]. Согласно ей, эффект синергии возникает за счет двух основных источников: субаддитивности и супераддитивности. Природа субаддитивности заключается в снижении совокупных затрат объединяющихся предприятий при сохранении существующих объемов производства. Известно, что функция обладает свойством субаддитивности, если значение функции от суммы переменных меньше или равно сумме значений функций от каждого из переменных, т. е. выполняется условие:

$$F(x_1 + x_2 + \ldots + xn) \leq F(x_1) + F(x_2) + \ldots + F(xn) \quad (15)$$

Субаддитивность затрат в интегрированной экономической системе выражается в уменьшении полных затрат на выпуск продукции, по сравнению с затратами на выпуск продукции отдельных предприятий до объединения в интегрированную структуру. Исходя из этого, интегрированная система получит большую прибыль, чем суммарная прибыль предприятий до интеграции. В этом будет проявляться супераддитивность.

Функция обладает свойством супераддитивности, если имеет место следующее неравенство:

$$F(x_1 + x_2 + \ldots + xn) \geq F(x_1) + F(x_2) + \ldots + F(xn) \quad (16)$$

Различают два вида синергии: синергия расширения и синергия связанности. Синергия расширения включает в себя синергию, возникающую за счет субаддитивности, и синергию, возникающую за счет супераддитивности. Синергия расширения проявляется как результат обретения каждой из интегрирующихся экономических систем возможности использовать ресурсы, имеющиеся у другой экономической системе. Синергия связанности включает в себя только синергию, возникающую за счет супераддитивности и обнаруживается в случае, если у экономических систем в результате объединения недостающих каждой из них в отдельности ресурсов появляется качественно новый ресурс. Следует отметить,что синергетический эффект может быть как отрицательным, так и положительным.

Рассмотрим две экономические системы, которые можно характеризовать функциями состояния $Q_1(P_1,Ф_1,C_1)$ и $Q_2(P_2,Ф_2,C_2)$ в результате объединения этих систем образуется интегрированная экономическая система с функцией состояния $Q_3(P_3,Ф_3,C_3)$ при этом в отсутствии синергетического эффекта мы получим

$$Q_3 = Q_1+Q_2 = P_1+Ф_1+C_1+P_2+Ф_2+C_2 = (P_1+P_2)+(Ф_1+Ф_2)+(C_1+C_2) \quad (17)$$

Рассмотрим функциональные затраты интегрированной экономической системы $Ф_3$. В случае полного использования технологических процессов объединяемых экономических систем можно с высокой степенью точности записать:

$$Ф_3 = (Ф_1 + Ф_2) \quad (18)$$

При этом структурные затраты интегрированной экономической системы можно представить в виде:

$$C_3 = (C_1 + C_2) \quad (19)$$

Функцию состояния интегрированной экономической системы можно представить в виде:

$$Q_3 = P_3 + Ф_3\{1/(1- S_3)\} \quad (20)$$

Где, S_3 – энтропия интегрированной экономической системы.

Согласно (9) и (18) мы можем записать

$$(Ф_1 + Ф_2)\{ (S_3/(1- S_3)\} = Ф_1\{ S_1/(1- S_1)\} + Ф_2\{ S_2/(1- S_2)\} \quad (21)$$

Положительный синергетический эффект от объединения будет наблюдаться при условии:

$$P_3 > (P_1 + P_2) \quad (22)$$

Введем эффективность деятельности экономических систем как отношение Q/З, где З = С + Ф (полные затраты), тогда для положительного синергетического эффекта необходимо чтобы выполнялось неравенство:

$$Q_3/ З_3 > Q_1/ З_1 + Q_2/ З_2 \quad (23)$$

Учитывая выражение (17), выражение (23) можно переписать в следующем виде:

$$(Q_1+ Q_2) / З_3 > Q_1/ З_1 + Q_2/ З_2 \quad (24)$$

После несложных преобразований нетрудно получить, что синергетический эффект от объединения экономических систем в интегрированную экономическую систему будет положительным в случае выполнения следующего неравенства:

$$З_3 < \{ З_2[(Q_1/ Q_2) – 1] /[(Q_1· З_2/ Q_2· З_1) – 1] \quad (25)$$

Из выражения (17) получим необходимые условия для энтропии интегрированной экономической системы чтобы наблюдался положительный синергетический эффект от объединения двух экономических систем за счет субаддитивности затрат :

$$S_3 < (Ф_1 + Ф_2)·(1- S_2)·[Q_1·Ф_2·(1-S_1)/Q_2·Ф_1·(1-S_2) – 1]/[Ф_2·(Q_1/Q_2 – 1)] \quad (26)$$

Из выражения (26) следует, что энтропия интегрированной экономической системы существенным образом зависит от экономических параметров объединяемых экономических систем(Q, Ф, Р). Действительно, исходя из (9)

и (11) энтропию экономической системы можно определить следующим образом:

$$S = 1 – Ф/(Q – P) \quad (27)$$

При этом для конкретной экономической системы параметры (Q, Ф, P) связаны между собой уравнением (4). Выражение (27) можно рассматривать, как уравнение связи структуры экономической системы, которую мы характеризуем энтропией с содержанием, которое определяется конкретными экономическими параметрами (Q и P). Уравнение (27) показывает, что структура экономической системы во многом определяет ее содержание. Мы рассмотрели случай объединения двух экономических систем. В общем случае объединения n экономических систем в одну, энтропию интегрированной экономической системы, обеспечивающую положительный синергетический эффект за счет субаддитивности затрат можно рассчитать путем последовательного выполнения сложения используя(21) - (26). Тогда условие (26) для интегрированной экономической системы, полученной в результате объединения n экономических систем получим следующее выражение:

$$S < (Ф) \cdot (1- S_n) \cdot [Q_{n-1} \cdot Ф_n \cdot (1- S_{n-1}) / Q_n \cdot Ф_{n-1} \cdot (1- S_n) – 1] / [Ф_n \cdot (Q_{n-1}/Q_n – 1)] \quad (28)$$

Где S- энтропия интегрированной экономической системы

$Ф = Ф_1 + Ф_2 + \ldots.. + Ф_n$ – суммарные функциональные затраты объединяемых экономических систем

$Ф_n$ - функциональные затраты n-ой экономической системы

S_n – энтропия n-ой экономической системы

S_{n-1} – значение энтропии в результате объединения n-1 экономических систем

Q_n – колличество ресурса полученного в результате производственной деятельности n-ой экономической системой

Q_{n-1} – суммарное колличество ресурса полученного в результате производственной деятельности (n – 1) экономических систем

Таким образом, определяющим для получения синергетического эффекта является структура интегрированной экономической системы. Поэтому на начальной стадии становления интегрированной экономической системы с целью получения положительного синергетического эффекта, важно топологически правильно определить ее внутреннюю организацию (структуру). При этом энтропия интегрированной экономической системы должна удовлетворять условию(28).

Как было показано выше взаимодействие экономической системы с внешней средой происходит на основе обмена ресурсами. Распределение ресурсов между отдельными экономическими элементами происходит на основе управленческих решений исходя из конкретного состояния элементов экономической системы. При этом распределение можно представить в виде функции. В настоящее время в литературе представлено множество формулировок статистических функций распределения в экономике [31-34]. Представляет интерес функция управления ресурсами, предложенная

в [33,34]:

$$y(x,\alpha) = 1 - (1 - x^{\alpha})^{1/\alpha} \quad (29)$$

где, $y = An/AN$, $An = \sum_{k=1}^{n} G_k$, G_k – величина, распределенного ресурса k-му экономическому элементу, полный ресурс равен AN $x = n/N$, n – номер экономического элемента, N – количество экономических элементов, α – определяет степень нелинейности распределения ресурса и идентична α в производственной функции с постоянной эластичностью замещения представленной в[35].

$$V = (A \times K^{-\alpha} + B \times L^{-\alpha})^{-1/\alpha} \quad (30)$$

где V- выпуск продукции, K и L – затраты капитала и труда соответственно, A и B – коэффициенты. Степень нелинейности производственной функции определяется α. Функция управления ресурсами (29) связывает между собой распределение ресурса и конкретные экономические показатели системы. В частности показатель α определяет в производственной функции В.В. Леонтьева нелинейность выпуска продукции от затрат.

Полученная на основе функции управления ресурсами (29) статистическая функция распределения (распределение плотности вероятности) имеет вид:

$$\rho(g,\alpha) = \frac{g^{(2-\alpha)/(\alpha-1)}}{(\alpha - 1)\left[1 + g^{\alpha/(\alpha-1)}\right]^{(\alpha+1)/\alpha}} \quad (31)$$

Где, $g = dy(x,\alpha)/dx = Gn/\langle G \rangle$, то есть g является величиной ресурса, полученной n – ым экономическим элементом системы, приведенной к среднему $\langle G \rangle = AN/N$

Данная функция определена при $\alpha > 1$.

Для i-го элемента экономической системы согласно (2) можем записать

$$Si = - \rho(gi,\alpha) log\, \rho(gi,\alpha) \quad (32)$$

где, gi – определяет величину ресурса полученного i –ым элементом. Изменение энтропии одного экономического элемента приводит к изменению энтропии всей системы. Зная функцию распределения плотности вероятности, можем рассчитать изменение энтропии i-го элемента экономической системы в зависимости от величины полученного ресурса (g) и уровня производства, определяемого (α).

Выполненные нами расчеты показали, что при равномерном распределении ресурса (g = 1) характер изменения Si i-го экономического элемента от α имеет вид монотонно убывающей функции. Во всей области где определена функция выполняется условие $dSi/d\alpha < 0$. Исходя из этого, можно сказать, что при равномерном распределении ресурса по экономическим элементам состояние отдельного экономического элемента и всей системы целиком определяется величиной α или согласно (30) величиной выпуска V продукции. Наиболее устойчивое состояние экономической системы при данном распределении ресурсов будет реализоваться при α > 1,7. Действительно с ростом производства устойчивость экономической системы будет увеличиваться. При g отличном от 1 характер изменения Si от α имеет сложный характер Рис.2.

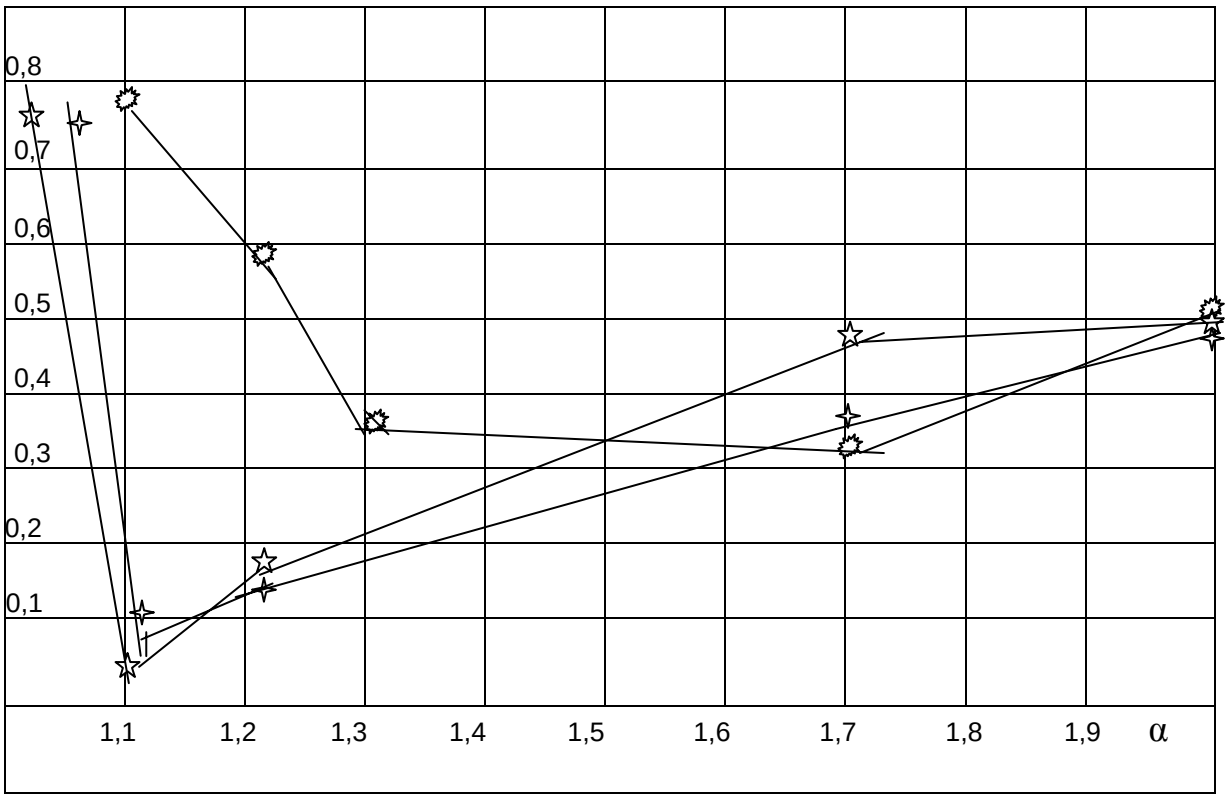


Рис.2. Изменение Si в зависимости от α
- g = 1,4
- g = 1,2
- g = 0,8

На зависимостях (рис.2) видны экстремальные точки, соответствующие минимуму энтропии при 1,1< α<1,7. Из полученных данных следует, что энтропия экономической системы во многом определяется характером распределения ресурсов между экономическими элементами системы. Среднее значение энтропии Si экономического элемента увеличивается с ростом распределенного ресурса, то есть увеличивается число возможных

состояний экономического элемента. Минимуму значения энтропии будет соответствовать наиболее устойчивое состояние экономических элементов и соответственно системы при данном распределении ресурса. Исходя из (3) минимальному значению энтропии соответствует максимальная организованность экономических элементов системы.

Из рисунка 2 видно, что с увеличением g происходит смещение минимума Si в сторону увеличения α. То есть устойчивое состояние экономической системы с минимумом энтропии при увеличении распределенного ресурса требует соответственно увеличения выпуска продукции при фиксированном уровне затрат. Рассмотрим модули скорости изменения энтропии экономических элементов в зависимости от α при различных g в окрестности экстремальных точек. Из данных рис.2 следует, что

$$|dSi/d\alpha| \ (g = 1{,}4) < |dSi/d\alpha|(g = 1{,}2) < |dSi/d\alpha|(g = 0{,}8\ ) \quad (33)$$

То есть уменьшение ресурса полученного экономическим элементом приводит к относительно большему изменению энтропии от α в окрестности минимума Si.

Представляет интерес, что при $\alpha > 2$ энтропия экономических элементов независимо от величины распределенного ресурса (g) стремиться к одному и тому же значению. Отсюда следует, что при увеличении выпуска продукции (при фиксированном уровне затрат) состояние отдельных экономических элементов и следовательно всей системы будет слабо зависеть от величины распределенного ресурса.

Таким образом, чтобы уменьшить риск получения отрицательных для конкретной экономической системы результатов можно осуществлять прогноз последствий от принимаемых решений инвестирования на основе расчета изменения энтропии. Задавая различные значения распределяемых ресурсов между экономическими элементами системы (что соответствует вариации определенных экономических условий), можно просчитать траектории эволюции экономической системы в перспективе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев, Н. Д.. Проблема предвидения /Н. Д. Кондратьев // Вопросы конъюнктуры. - 1926. - Т.2. Вып. 1. - с.1-42.

2.Цирлин А.М. Математические модели и оптимальные процессы в макросистемах. / Цирлин А.М - М., Наука,2006г.,500с.

3.Розоноэр Л.И. Обмен и распределение ресурсов (обобщенный и термодинамический подход) /Розоноэр Л.И. // Автоматика и телемеханика. - 1973.-№8.-С.82-103.

4. Бурдаков В.П. Эффективность жизни: Введение в экоматермику. /Бурдаков В.П. - М.: Энергоатомиздат, 1997. - 304 с.

5.Illya Prigogine. Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes. /Illya Prigogine //Publ. Interscience, New York, 1967, 3 edition,p.22-46 .
6.Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. / Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. - М., Наука, 1997г.482с.
7. Николис Г., Пригожин Н. Самоорганизация в неравновесных системах. /Николис Г., Пригожин Н.- М., Мир,1979, 412с.
8.Хакен Г. Синергетика. /Хакен Г. - М. Мир, 1980, 345с.
9.Александров Е. А., Боголепов В. П. О некоторых организационных критериях качества функционирования систем (К вопросу о создании математического аппарата теории организации). – В кн.: Организация и управление. / Е. А. Александров, В. П. Боголепов - М.,Мир, 1968 г. - 275с.
10.Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами. / И.В. Прангишвили - М. Мир. 2003 г. - 428 с.
11. Дорошенко М.Е. Анализ неравновесных состояний и процессов в макроэкономических моделях. / М.Е. Дорошенко - М. : МГУ, ТЕИС, 2000г.- 45 с.
12.Безденежных В. М. Синергетический подход к оценке устойчивости сложных экономических систем. / В. М. Безденежных – М.: “ Полиграф”, 2006г.- 470с.
13.Алиева К.М., Тишин А.И., Иманакунов Б.И. Термодинамика и формирование синергетической парадигмы современного мировоззрения /Алиева К.М., Тишин А.И., Иманакунов Б.И. // Изв. НАН КР.- 1999. - № 3-4с.15-20
14. Алиева К.М. Энтропийный подход в анализе процессов демографии и миграции /Алиева К.М. // Политика и общество. - 2001. - № 5(1)с.26-30.
15. Вильсон А.Дж**.** Энторопийные методы исследования сложных систем /Вильсон А.Дж**.** -М. Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы 1978г. 248 с.
16. Левин А.И. Экономическая динамика: пространственно-временное моделирование. /Левин А.И. - Калининград КГТУ 2000г. 520 с.
17.Клаузиус Р. Механическая теория тепла. Второе начало термодинамики. / Р. Клаузиус - М. Л.: ГТТИ. 1934 г. - 342 с.
18.Больцман Л. Избранные труды. / Л. Больцман- М.: Наука, 1984 - 412 с.
19.Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. - 6-е изд. стер. / Е.С. Вентцель - М.: Высш. шк., 1999 г. - 576 с.
20. Пригожин И.,Стенгерс И. Порядок из хаоса. / И. Пригожин, И. Стенгерс- М.:Мир 1986 г. - 425с.
21. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. / Дж. Касти - М., Мир, 1982г. - 216с.
22.Лапшин С.В. Нелинейная экономика предприятия: законы отдачи ресурсов и редукции труда. Экономика и менеджмент, / С.В. Лапшин //Известия Челябинского научного центра, вып.4, 2006, с.91-98.

23.*Johnson T. Activity-based information: a blueprint for world class management accounting* / *T. Johnson // Journal of Management Accounting, June 1988. P. 23—30.*
24.Грущенко В.И. Кризисное состояние предприятия: поиск причин и способов преодоления./ В.И. Грущенко // Менеджмент в России и за рубежом. N1, 1998, с. 31-38.
25. Экк Клаус Д. Знания как новая парадигма управления. / Д. Экк Клаус // Проблемы теории и практики управления. N2, 1998, с.68-73.
26. Хайтун С.Д. Проблемы количественного анализа науки. / С.Д. Хайтун - М.: Наука, 1989. 450с.
27. Иванус А.И. Гармоничный менеджмент по Фибоначчи. Изд. 2-е, испр. / А. И. Иванус - М.: КомКнига, 2006, 104с.
28.А.С. Кокин, О.Р. Чепьюк. Уравнение стоимости бизнеса: энтропия как мера стоимости. Экономика и финансы. /Кокин А.С., Чепьюк О.Р. // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. N6, 2007, с.201 – 207.
29.*Coase R.H. The nature of the firm*/ *Coase R.H. // Economica, V4, 1937, p. 15*
30.*Matthews, Robin, (2005), The Organization Matrix and the Evolution of Strategy (Part 2), Economic Strategies , Vol. 33-34 No.07-08, (ISBN 1680 094X). November.*
31. Трубников Б.А. Закон распределения конкурентов. / Б.А. Трубников // Природа - 1993г., N11 - с.47.
32. Бялко А.В. Конструктивность закона конкуренции. / А.В. Бялко // Природа - 1993г.,N11, - с.9.
33.Крянев А.В., Матохин В.В., Климанов С.Г. Статистические функции распределения ресурсов в экономике. / А.В. Крянев, В.В. Матохин, С.Г. Климанов // М.: Препринт - 1998г. МИФИ 010 – 98.
34. *Antoniou A. Analisis of resours distribution in economic based on entropy*, / *A. Antoniou* // *Physics* A 304 – 2002*g.,- p.* 525 -534.
35.Леонтьев В. Международное сопоставление факторных издержек и использования факторов. В кн. Экономические эссе; теории, исследования, факты и политика. / В. Леонтьев - М. Изд. Политической литературы,1990г. - 457 с.