



УДК 658

© В. С. Лосев, С. А. Гусев, 2013

ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Лосев В. С. – д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой «Экономическая кибернетика», e-mail: lossev@mail.ru (ТОГУ); *Гусев С. А.* – канд. техн. наук, доцент каф. «Экономика и менеджмент организации», e-mail: Sa-gusew@yandex.ru (АмГУ)

Рассмотрены информационные характеристики устойчивого развития предприятия как необратимого процесса нарастания сложности и продуктивности. Показано, что индикатором устойчивого развития предприятий может служить информационная энтропия системы. Уменьшение энтропии обнаруживает малую вероятность изменчивости и, следовательно, невозможность эффективных преобразований.

The paper deals with the informational characteristics of sustainable development of an enterprise as irreversible process of complexity and productivity growth. It's revealed that the informational entropy of system can serve as an indicator of sustainable development of enterprises. Reduction of entropy reveals a small probability of a variability and therefore an impossibility of effective transformations.

Ключевые слова: устойчивое развитие, синергетический менеджмент, информационная энтропия, организованность системы, предприятие, организационная сложность, разнообразие.

Кризисный этап развития экономических систем отличается тем, что внешняя среда для предприятий промышленности характеризуется нестабильностью, непредсказуемостью, наполняется возмущениями и шумами. В таких условиях управление предприятием существенно усложняется, и принятие качественных решений становится проблематичным. Разрешая эту проблему, современный менеджмент должен ориентироваться на новые возможности понимания процессов развития предприятия, опираясь на эволюционно-синергетические концепции, эволюционную экономику, теорию устойчивости и изменчивости, справедливо полагая при этом, что наличие механизмов устойчивости является непременным условием существования сколько-нибудь организованных структур, а наличие механизмов изменчивости способствует становлению новых, наиболее адаптивных организаций.

Вместе с тем, весьма распространенной остается традиционная точка зрения на управление, суть которой состоит в повышении устойчивости предприятия до уровня успешного противодействия возмущениям внешней среды. Такой подход к управлению предприятием базируется на неоклассических теориях фирмы. Их важной характеристикой является производственная функция, посредством которой исходные ресурсы трансформируются в готовые продукты. Учитывая вид производственной функции, менеджер принимает решение относительно выпуска и объема затрат, удовлетворяющее условию максимизации прибыли, выручки, либо полезности. В соответствии с положениями максимизационных теорий, данная целевая функция навязывается предприятию внешней средой и является условием выживания предприятия в долгосрочном периоде. Поэтому менеджеры реализуют управление при помощи отрицательной обратной связи (кибернетическое управление), в результате чего устанавливается равновесное состояние предприятия и внешней среды, в то время как основными условиями развития является неравновесные состояния, при которых применяется синергетическое управление [1].

Недостаточный интерес современного менеджмента к синергетическим методам управления, прежде всего, приводит к неудачам антикризисного управления. Незнание этих методов создает возможность манипуляций людьми со стороны более информированных индивидуумов, поскольку синергетическое управление часто носит незаметный, скрытый характер воздействия. Имеется также целый ряд и других негативных факторов, что, безусловно, требует развития новых подходов к управлению на основе синергетических методов.

Основные причины недостаточного развития синергетических методов в управлении предприятиями, на наш взгляд, объясняются следующим:

Во-первых, менеджеры, реализующие иерархическое управление, объективно избегают разнообразия и нарушения равновесия. В то время как именно состояние равновесия¹ в экономическом процессе препятствует развитию предприятий и соответственно не способствует их выходу из кризиса. Пожа-

¹ Примечательно, что одна из распространенных трактовок устойчивости предприятия связаны с равновесным состоянием. Так Сумин В. А. под состоянием устойчивости понимает «способность экономической системы возвратиться в состояние равновесия за счет собственных ресурсов, заемных, перепрофилирования производства и др.», что полностью согласуется с понятием устойчивости по Ляпунову. (См. Сумин В. А. Устойчивость системы управления предприятием в условиях экономической безопасности «Материалы международной научно-практической конференции» г. Донецк 23-24 ноября 2001г.)



луй, первым кто заметил это, был Йозеф Шумпетер. В 1934 году он писал: «Развитие в нашем понимании ... есть особое, различимое на практике и в сознании явление, которое не встречается среди явлений, присущих кругообороту или тенденции к равновесию, а действует на них лишь как внешняя сила. Оно представляет собой ... смещение от состояния равновесия в отличие от процесса движения в направлении состояния равновесия, однако не любое такое изменение или смещение, а только, во-первых, стихийно возникающее в экономике, и, во-вторых, дискретное, поскольку все прочие изменения и так понятны и не создают никаких проблем» [2]. Й. Шумпетер выделил также важное эволюционное свойство экономики, а именно строгую зависимость экономического развития от разнообразия. По Шумпетеру разнообразие является основным источником инновации и характеризуется как двигатель эволюции экономических систем. Выделяя стохастический компонент развития, Шумпетер отмечал, что разнообразие ведет к снижению текущей производительности системы, поэтому с краткосрочных позиций является недостатком. Однако оно становится преимуществом в долгосрочной перспективе [3]. По-видимому, потеря краткосрочных преимуществ и заставляет менеджеров сдерживать разнообразие.

Во-вторых, управляющие опасаются того, что нарушение равновесия приводит к непредсказуемым последствиям, вызывающим хаос, спонтанную самоорганизацию и соответственно потерю управляемости. На первый взгляд, спонтанная самоорганизация исключает человеческий фактор в управлении и делает понятия самоорганизации и управления несовместимыми в едином системном комплексе, однако дискуссии в рамках синергетики успешно примирили эти две противоположности. Академик Н.Н. Моисеев по данному поводу писал: «Процесс самоорганизации идет по пути непрерывного усложнения «алгоритмов развития» от «естественных», т.е. стихийных, опирающихся только на законы физики, химии, биологии ... к алгоритмам, устроенным гораздо более сложно... Все законы мира «естественно» сохраняют свою силу и в мире «искусственном», ибо он тоже порожден процессами самоорганизации, развития природы. Но теперь на действие этих процессов накладывается могучий процесс разума, накладываются новые принципы отбора, превращающие постепенно чисто стихийное развитие в направляемое» [4]. Таким образом, управление в условиях кризиса требует от менеджеров большого искусства сочетания собственно управления и самоорганизации.

И, наконец, в-третьих, успешный синтез управления и самоорганизации предполагает четкое знание степени хаотизации предприятия как объекта управления. Это позволяет определить, в какой фазе развития предприятие находится. Процесс развития может рассматриваться как триада состояний,

два из которых устойчивые, и одно неустойчивое.² В результате медленного развития, когда изменения параметров системы под влиянием флуктуаций превышают ее адаптационные возможности, наступает точка бифуркации, в которой система характеризуется значительной неустойчивостью. Затем следует хаотическая стадия, которую именуют «перемешивающий слой», и в которой осуществляется выбор ветви дальнейшего развития. Наконец, согласно принципу устойчивости, среди возможных форм развития реализуются лишь устойчивые; неустойчивые, если и возникают, то быстро разрушаются [5]. Управляющий, принявший неправильное решение в хаотической фазе развития, скорее всего, не сможет адаптировать предприятие к внешней среде и приведет его к банкротству. Именно поэтому анализ экономических процессов в состояниях далеких от равновесия и переходных процессов так важен.

Взаимозависимость вышеперечисленных причин такова, что устранение третьей причины ведет к существенному ослаблению действия первого и второго. Очевидно, что менеджеру необходим «измеритель» хаотизации в такой системе, как предприятие. Это позволит не просто принимать правильные решения, но и, не опасаясь применять нелинейные концепции в управлении предприятием. В статье, прежде всего, делается попытка обосновать способ обнаружения неустойчивых состояний и их связи со степенью хаотизации в экономической системе конкретных предприятий.

Производственное предприятие как социально-экономическая система может успешно адаптироваться, если оно имеет запас устойчивости, позволяющий изменяться с той же скоростью, что и внешняя среда. Это утверждение базируется на законе необходимого разнообразия, известном из кибернетики и сформулированном У.Р. Эшби [6]. Закон позволяет судить, по крайней мере, о двух уровнях внутреннего разнообразия системы. О минимально допустимом уровне, соответствующем такому запасу устойчивости, при котором система находится в стабильном состоянии и о максимальном уровне, который позволяет системе развиваться, т.е. образовывать новые структуры, более эффективно реализующие функцию системы. Вычисление таких уровней устойчивости весьма полезно для выработки управленческих решений, поскольку по разнообразию в системе можно судить об уровне хаотизации и соответственно о готовности объекта управления к образованию новых структур по флуктуационно-энтропийному механизму путем упорядочивания. Однако сам процесс вычисления этих уровней для таких систем как предприятие вызывает методологические трудности.

Для вычисления уровней хаотизации можно использовать несколько способов оценки степени неупорядоченности систем, в которых понятия «неупорядоченность» и «хаос» рассматривают как синонимы. Первый под-

² Предприятие как развивающаяся система также характеризуется триадой состояний. См. Гусев С.А. Устойчивое развитие предприятия: к вопросу о дефиниции / Российское предпринимательство, 2011, выпуск 2, с. 29-35.



ход, геометрический, использует фрактальную теорию, как основу вычисления обобщенной размерности параметров в виде фрактальной размерности либо индекса фрактальности [7]. Суть таких вычислений состоит в наличии критического значения фрактальной размерности временной кривой, приближаясь к которому система теряет устойчивость и переходит в хаотическое состояние. При этом в зависимости от тенденции параметры либо быстро возрастают, либо быстро убывают.

Второй, информационный, подход основан на бриллюэновской концепции хаоса и связан с вычислением энтропии сигналов. В структуре дискретных систем количество хаоса и порядка в системе обычно характеризуется с помощью статистической термодинамики или традиционной теории информации. В обоих случаях за меру хаоса принимается энтропия. В термодинамике это энтропия Л.Больцмана, статистически выражающая второе начало термодинамики и применяемая в анализе молекулярных множеств. В теории информации, это энтропия множества вероятностей К.Шеннона [8].

Выбор того или иного метода вычисления хаотизации такого объекта как предприятие обусловлен, прежде всего, возможностями измерений значений параметров функционирования (показателей). Первый, фрактальный метод, требует высокой степени дискретизации параметров. Для получения приемлемого результата их необходимо несколько тысяч. На практике очень трудно получить такое количество данных для анализа. Экономисты, как правило, имеют дело со средними значениями показателей с уровнем дискретности определенной правилами бухгалтерской отчетности. Второй, информационный, подход годен для любых уровней дискретности, этим, собственно и объясняется выбор этого метода для наших исследований.

Базисным понятием такого подхода является понятие энтропии. Энтропия – мера неопределенности некоторой ситуации. Можно также назвать ее мерой рассеяния, и в этом смысле она подобна дисперсии. Но если дисперсия является адекватной мерой рассеяния лишь для специальных распределений вероятностей случайных величин (а именно – для двухмоментных распределений, в частности, для гауссова распределения), то энтропия не зависит от типа распределения. Энтропия может характеризовать уровни хаотизации систем.

Основную роль в понимании тезиса о возможности измерения неупорядоченности в системе при помощи энтропии сыграли утверждения Э. Шредингера (относительно физических систем) и Н. Винера (относительно информационных кибернетических систем). Э. Шредингер, рассматривая термодинамическую вероятность в формуле энтропии Л. Больцмана, отмечал: «Если D – мера неупорядоченности, то обратную величину $1/D$ можно рассматривать как прямую меру упорядоченности. Поскольку логарифм $1/D$ есть то же, что и отрицательный логарифм D , мы можем написать уравнение Больцмана таким образом: - (энтропия) = $k \lg(1/D)$... энтропия, взятая с обратным знаком, есть сама по себе мера упорядоченности» [9]. Подобное мнение высказал Н.Винер, отме-

чая, что «понятие количества информации совершенно естественно связывается с классическим понятием статистической механики – понятием энтропии. Как количество информации в системе есть мера организованности системы, точно также энтропия системы есть мера дезорганизованности системы, одно равно другому, взятому с обратным знаком» [10].

В дальнейшем эти выводы нашли свое развитие в формировании энтропийной парадигмы соотношения хаоса и порядка в системе, в соответствии с которой хаос и порядок по своей величине равны друг другу, а их общей мерой является энтропия. Подобный подход немного дает для знания о хаотичности системы, поскольку хаос и порядок в структуре дискретных систем оцениваются с помощью одной и той же функции, значения которой отличаются только знаком, а не величиной. В то же время, информационная энтропия Шеннона позволяет оценить степень хаотизации системы, если использовать характеристики системной сложности и разнообразия в системе.

Понятие информационной энтропии для оценки сложности системы первым использовал У. Эшби [6]. В соответствии с его представлениями, сложность системы (в том числе и экономической) характеризуется ее разнообразием, под которым обычно понимается количество состояний, которое может принимать система. При оценке энтропии (по формуле Шеннона) это разнообразие состояний учитывается, но, в то же время, учитывается и вероятность их проявления. Таким образом, информационная энтропия, как мера разнообразия и организованности системы оценивает также и степень ее неопределенности, или иными словами, детерминированности, хаотичности.

Если рассматривать финансово-экономические показатели функционирующего предприятия как параметры состояния, то их значения в любой момент времени образуют вектор, который содержит в себе информацию о степени хаотичности объекта. Тогда оценкой меры хаотичности может служить функция информационной энтропии (энтропийная мера) [8]:

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i,$$

где p_i – вероятность (или частота) нахождения значения показателя в определенном интервале.

В случае равновероятного нахождения значения показателя энтропийная мера рассчитывается по следующей формуле:

$$H_{\max} = \log_2 N_i,$$

где N_i – количество показателей.

Тогда же, когда система может принять только одно состояние с частотой равной 1, энтропия ее равняется нулю. Следовательно, для любой невырожденной системы значение энтропии лежит в интервале от 0 до 1.

Для оценки информационной неопределенности, хаотичности конкретных предприятий нами, в качестве параметров состояния, рассматривалась группа, состоящая из 25 показателей, характеризующих рентабельность, лик-



видность, деловую активность, финансовую устойчивость и платежеспособность. Наблюдения за изменением показателей проводилось в течение 30 периодов на двух предприятиях (ОАО «Судостроительный завод имени Октябрьской революции» и ОАО «Амурский ремонтный завод»). Примечательно, что ОАО СЗОР имеет положительную динамику общей рентабельности, а ОАО АРЗ, отрицательную. Сравнение признаков, имеющих различные величины измерения, потребовало предварительной стандартизации показателей. Поэтому каждое исходное значение в выборке (x_i) заменялось соответствующей z -величиной:

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Характерной особенностью этих трансформированных величин является то, что они имеют среднее арифметическое значение равное 0, среднее квадратичное отклонение равное 1. Вне зависимости от того, чему были равны минимальное и максимальное значения в исходной выборке, для z -трансформированных величин подавляющее большинство значений располагаются в пределах от -3 до $+3$. Однако, если оценивать энтропию не для величин плотности распределения z -трансформированных значений исходной выборки, а для интеграла этих оценок, то для признаков (имеющих любую размерность) значения будут варьироваться в пределах от 0 до 1. В дальнейшем для расчета энтропии использовались значения признаков после двойного z -преобразования.

Количество интервалов для оценки частотности показателей - k определяется разбиением выборки [$x_{\min}=0$, $x_{\max}=1$] в соответствии с формулой Стерджеса:

$$k = [1.446 \ln(N) + 3.5].$$

Для 25 показателей было принято 5 интервалов. Поскольку в течение времени элементная база предприятия как системы меняется, определялось не абсолютное значение энтропии, а относительное:

$$H_{\text{отн}} = H / H_{\text{max}}.$$

Динамика относительной энтропии представлена на рис. 1 и 2. С целью лучшей визуализации, на графике изображены нормированные значения общей рентабельности. Аппроксимация кривых проводилась полиномами пятой степени. Кроме непосредственных оценок энтропии, в качестве информационных характеристик, рассчитывались показатели, производные от нее. Так для измерения абсолютной организации системы использовалась разность $H_{\text{max}} - H$. Относительная организованность системы оценивалась по формуле:

$$R = 1 - \frac{H}{H_{\text{max}}}$$

Значения относительной организованности рассматриваемых предприятий, представлены на рис. 3.

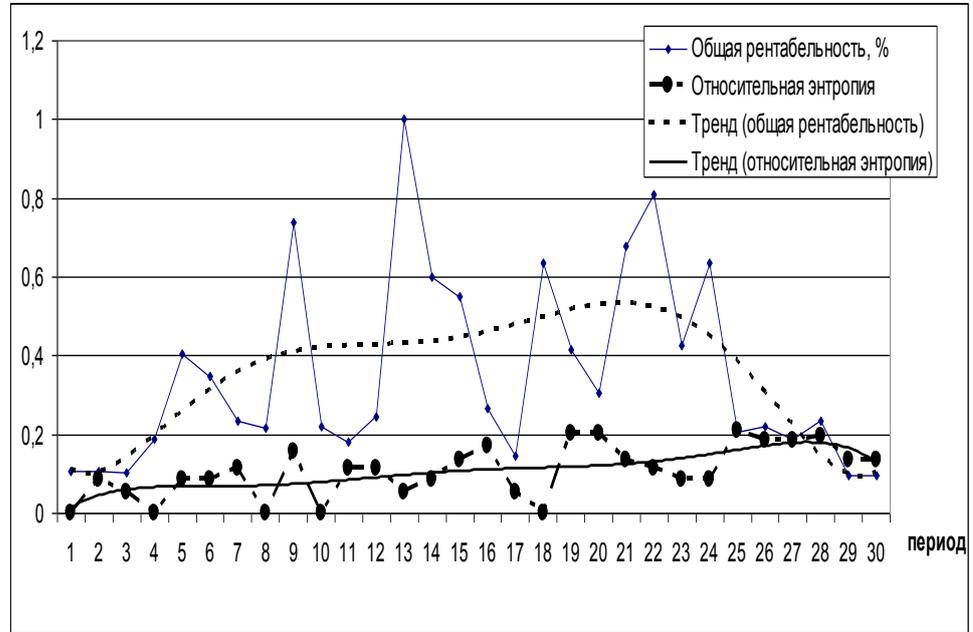


Рис. 1. Динамика относительной энтропии для ОАО СЗОР

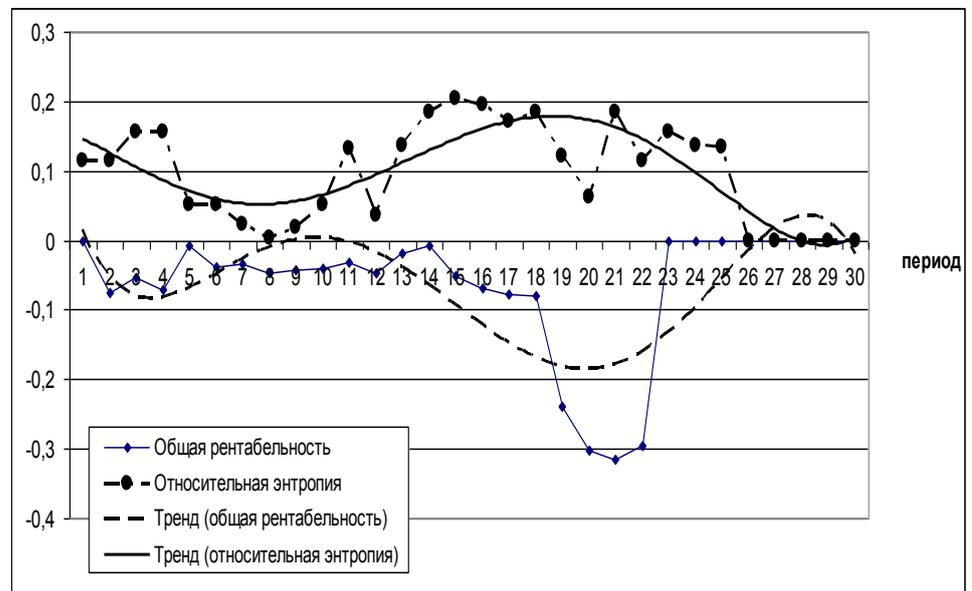


Рис. 2. Динамика относительной энтропии для ОАО АРЗ

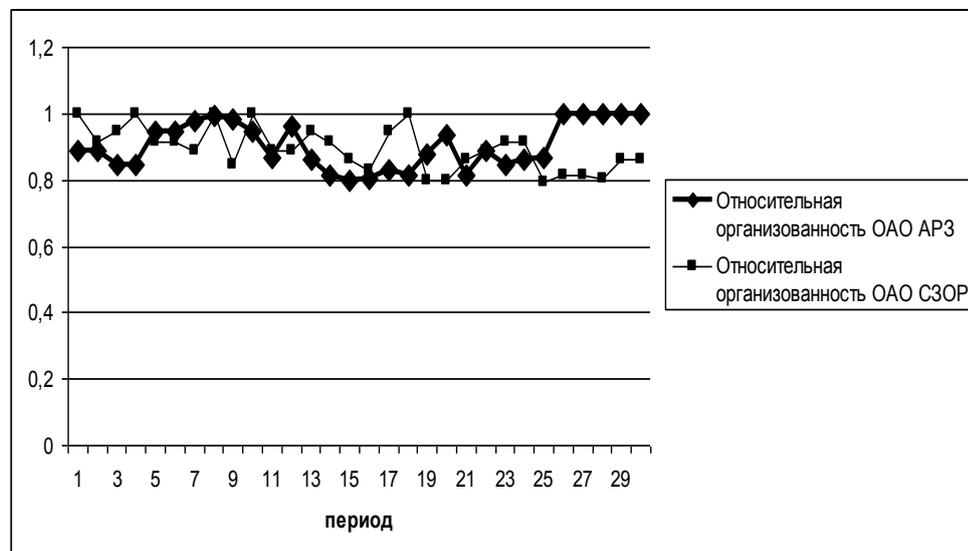


Рис. 3. Динамика относительной организованности

Рассчитанные информационные характеристики позволяют сделать следующие выводы:

1. Значения относительной энтропии для периодов 27-30 приближаются к нулевым значениям. Такие изменения присущи как ОАО СЗОР так и ОАО АРЗ. Эти этапы соответствуют времени последнего экономического кризиса. Интенсивное снижение энтропии может быть сигналом к принятию радикальных решений.

2. В соответствии с классификацией С. Бира, система для которой относительная организованность $\leq 0,1$ является вероятностной (стохастической). В том случае, если значение относительной организованности системы $> 0,3$, то такая система считается детерминированной. Наконец, система, для которой $0,1 < R \leq 0,3$, является квазидетерминированной. Поскольку за весь анализируемый период значения относительной энтропии для анализируемых предприятий не превышало 0,2, обе системы следует считать детерминированными.

3. В детерминированных системах, при заданных параметрах начального состояния будущее однозначно определено, а результат управления линейно зависит от управленческих усилий. Для существенного повышения рентабельности в таких условиях требуются значительные инвестиции. Поэтому оба предприятия за весь анализируемый период не добились улучшения экономических показателей. Детерминированность исследуемых систем очень высока, а для ОАО АРЗ за последние годы она абсолютна. Такое положение не дает возможности маневра для развития предприятия.

4. Информационно-энтропийные характеристики предприятий иллюстрируют то, что менеджмент рассматриваемых организаций за весь анализи-

руемый период не использовал возможности увеличения разнообразия и стохастичности в системе. В противном случае значения относительной организованности систем находились бы в интервале соответствующем квазидетерминированности. Вероятность развития системы, находящейся в этом интервале существенно выше. Этот факт не внушает оптимизма в отношении устойчивого развития анализируемых предприятий.

Наконец, в заключение следует заметить, что управление устойчивым развитием предприятия вероятно, если имеются надежные информационные единицы измерения устойчивости. Благодаря развитию теории информации, появляется возможность в качестве таких единиц рассматривать информационную энтропию системы и количество информации, характеризующей степень организованности этой системы.

Библиографические ссылки

1. *Кузнецов Б.Л.* Синергетический менеджмент в машиностроении – Наб. Челны: Изд-во Камского политех. института. – 2003. - 304 с.
2. *Шумпетер Й.А.* Теория экономического развития. - М.: Директория паблишинг, 2008. – 401с.
3. *Шумпетер Й. А.* Капитализм, социализм и демократия. – М.: Экономика, 1995. – 540с.
4. *Моисеев Н.Н.* Расставание с простотой. М.: Аграф, 1998.
5. *Моисеев Н.Н.* Человек, среда, общество. - М. : Наука, 1982. – 240с.
6. *Эйби У.Р.* Введение в кибернетику. М.: КомКнига, 2006. – 432с.
7. *Петерс Э.* Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка: - М.: Мир 2000. - 333с.
8. *Шеннон К.* Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд. иностр. лит., 1963. – 830с.
9. *Шредингер Э.* Что такое жизнь? Точка зрения физика. – М.: Атомиздат, 1972. – 88с.
10. *Винер Н.* Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – М.: Наука, 1983. – 344с.
11. *Лосев В.С., Михайленко К.Д.* Эволюционная природа устойчивого развития промышленного предприятия: теоретический аспект // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2012. - №2 (25). - С. 155-164.