

УДК 330.46; 65.011.8

UDC 330.46; 65.011.8

08.00.00 Экономические науки

Economic sciences

**КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ
САМООРГАНИЗАЦИИ НА
УСТОЙЧИВОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ****COGNITIVE MODELING OF THE IMPACT
OF SELF-ORGANIZATION FACTORS ON
THE ENTERPRISE SUSTAINABILITY**

Кузьминов Александр Николаевич
д.э.н., профессор, AuthorID: 672964
ЮФУ
г. Ростов-на-Дону, Россия
akuzminov@sfedu.ru

Kuzminov Aleksander Nikolaevich
Dr.Sci.Econ, Professor, AuthorID: 672964
SFU, 105/42 Bolshaya Sadovaya st., 344000, Rostov-
on-Don, Russia
akuzminov@sfedu.ru

Ковтун Маргарита Евгеньевна
аспирантка, SPIN: 6386-1385
РГЭУ (РИНХ)
г. Ростов-на-Дону, Россия
kovtun-m-e@yandex.ru

Kovtun Margarita Evgen'evna
postgraduate student, SPIN: 6386-1385
RSUE, 69 Bolshaya Sadovaya st., 344000, Rostov-
on-Don, Russia
kovtun-m-e@yandex.ru

В данной статье рассмотрена проблема методологического обеспечения управления восстановительным циклом российской промышленности, который обусловлен трансформацией факторов, влияющих на достижение требуемых параметров конкурентоспособности. Учитывая низкий уровень технологического развития предложено опираться на концепцию устойчивости при определении стратегии реиндустриализации в России. В качестве теоретической платформы такой концепции предложены идеи интеллектуализации управления предприятием, которые получили развитие в зарубежной теории производственного менеджмента. Таким образом, были сформулированы основные факторы, влияющие на устойчивость предприятия, коррелирующие с элементами «ADACOR holonic» -архитектуры управления, вдохновленной биологическими и эволюционными теориями. Проведен эмпирический анализ влияния самоорганизационных факторов с использованием технологии когнитивного моделирования, который позволил выявить значительное воздействие на устойчивость предприятия факторов оценки внешней среды. Выявлено состояние, при котором достигается эффект локальной устойчивости в границах параметров «Диагностика угроз» и «Непредсказуемость среды», что позволяет формировать комплекс управленческих действий по регулированию данных параметров с использованием ценологического инструментария. Предложенный междисциплинарный подход, опирающийся на систему закономерностей физического и математического порядка значительно повысит результативность прогнозирования и предсказуемость развития предприятий

This article discusses the problem of methodological support for the management of the recovery cycle of Russian industry, which is caused by the transformation of factors affecting the achievement of the required parameters of competitiveness. Given the low level of technological development, it is proposed to rely on the concept of sustainability in determining the strategy of re-industrialization in Russia. As a theoretical platform of such a concept, the ideas of intellectualization of enterprise management are proposed, which were developed in the foreign theory of industrial management. Thus, the main factors influencing the stability of the enterprise were correlated with elements of the "ADACOR holonic" -architecture of management, inspired by biological and evolutionary theories. An empirical analysis of the impact of self-organizing factors using the technology of cognitive modeling, which revealed a significant impact on the company's sustainability of environmental assessment factors. The state is revealed under which the effect of local stability within the limits of the parameters "Diagnostics of threats" and "Unpredictability of the environment" is achieved, which makes it possible to form a complex of management actions to regulate these parameters using the coenoses tools. The proposed interdisciplinary approach, based on a system of regularities of the physical and mathematical order, will greatly enhance the effectiveness of forecasting and the predictability of enterprise development

Ключевые слова: ПРЕДПРИЯТИЕ,
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ,
САМООРГАНИЗАЦИЯ, СМАРТ-УПРАВЛЕНИЕ

Keywords: ENTERPRISE, SUSTAINABLE
DEVELOPMENT, SELF-ORGANIZATION,
SMART MANAGEMENT

Doi: 10.21515/1990-4665-128-024

Введение

В условиях восстановительного периода российской экономики большое значение приобретает качество экономической политики в области реального сектора производства, прежде всего, инвестиций, эффективность которых, в конечном счете, зависит от качества использования дополнительных финансовых ресурсов, возможности их преобразования, без угрозы макроэкономическим показателям. Как считают специалисты Института народнохозяйственного прогнозирования РАН «...произошел спад производства, и загрузка мощностей, по оценке Росстата, не превышает 60-65 процентов; избыточная занятость населения видна невооруженным глазом, безработица осталась на докризисном уровне. Конечно, не все мощности могут быть мгновенно задействованы и не все люди могут быть мгновенно переучены и направлены на другую работу, поэтому речь не идет о том, чтобы разбрасывать кредитки направо и налево. «Впрыск» денег в экономику должен носить целенаправленный характер» [9]. Такое проектное финансирование предъявляет высокие требования к категории устойчивости предприятия, которая усугубляется существующим состоянием структурно-технологического неравновесия, непропорциональным распределением факторов производства и финансовых ресурсов, требующих совершенствования методологической базы её оценки и управления.

Проблематика оценки влияющих факторов

Действительно, оценки текущей ситуации и перспектив в условиях «перелома трендов» сильно затруднены. Здесь, помимо специфических региональных, затрагивается ряд общих методических вопросов оценки

устойчивости по системе показателей. Возникают вопросы многокритериальности, репрезентативности оценок в условиях трансформации институциональной и информационной среды, что заметно усложняет поиск решений и требует применения особых подходов по формализации возникающих задач. При наличии множества трактовок устойчивости [7] определяющими становятся возможности формализации рассматриваемых экономических процессов и их корректного отображения при принятии решений в сфере управления. Возможность качественной информационной адаптации в данном случае становится определяющим фактором при использовании тех или иных принципов оценки. В таких условиях преимущество получают универсальные принципы оценки устойчивости Лагранжа и Ляпунова, связанные с определением границ устойчивости [8]. Здесь устойчивость обеспечивается при удержании индикаторов экономического развития в определенном пространстве — коридоре ключевых аспектов экономического развития.

Общенаучный вектор повышения эффективности сопряжен с обеспечением условий долгосрочного роста и некоторой устойчивости. Производственные системы сталкиваются с немалым числом проблем, накладывающих ограничения, вызванные значительными колебаниями требований на рынке (высокий спрос на продукт, более низкая цена, повышение качества продукции) [2]. Те экономические системы, которые основаны на традиционной жесткой иерархической структуре управления, больше не могут справиться с этими жесткими ограничениями, требуют использования новых производственных парадигм, включающих такие особенности, как модульность, масштабируемость, реконфигурация, надежность и гибкость.

Системы становятся все более сложными, в основном из-за экспоненциального роста количества объектов и связей между ними. Примеры таких сложных систем можно найти в производстве, управлении

дорожным движением, логистике, экономике, биологии и др. В связи с этим возникают проблемы, особенно в промышленном менеджменте, такие как отсутствие оперативности в решении вопросов с повышением качества продукции, резкое сокращение продолжительности жизненного цикла продукции и растущая потребность в объемах выпускаемой продукции. Традиционные решения, основанные на центральных монолитных структурах управления, становятся устаревшими, поскольку они не пригодны для реагирования и адаптации к этим возмущениям. Децентрализация проблем с помощью простых, умных и автономных образований, таких как многоагентные системы, рассматривается в качестве наиболее адекватной методологии для решения этой задачи в промышленных сценариях. Кроме того, использование понятий самоорганизации доказали свою пригодность для применения в этих подходах (например, теория ценозов) [1].

В современных условиях, когда изменения становятся постоянными и непрогнозируемыми, предприятия в целях выживания и обеспечения устойчивого развития должны сформировать такую систему управления, при которой станет возможна ранняя диагностика как внутренних, так и внешних угроз.

Обзор подходов к обеспечению устойчивости

Существуют различные подходы к пониманию устойчивости, от физических до культурологических, проблема остается дискуссионной. В 2015 году Бергстрёмом и др. был сделан крупный обзор [3] подходов к оценке влияния устойчивости на безопасность и выживаемость систем в целом, показавший, что преобладающий в науке и практике «инженерный» подход к проектированию предприятий опирается на структурную сложность и разнообразие элементов, что делает эти системы рискованными по своей природе. Объектом управления устойчивостью является способность к адаптации.

В работе мы будем опираться на данные положения и исходить из позиции, что локальная неустойчивость представляет собой норму для предприятия-системы, которая способна «поглотить изменения без значительной трансформации самой системы» [3, с. 135].

Концепция устойчивости развития приобретает все большую важность для решения проблем возрастающей сложности социально-технических систем, которая приводит к образованию совершенно новых типов рисков: экологических, технологических, стратегических, инфраструктурных, что требует развития методологических принципов управления.

Согласимся с позицией специалистов, которые подчеркивают причинно-следственную связь между риском и изменчивостью в качестве отправной точки для изучения устойчивости [3, 5, 6]. Риск рассматривается как результат основных процессов изменчивости и является постоянно существующим фактором сложных систем, даже тех, которые максимально стандартизированы.

Исследователи признают, что способность к адаптации и гибкому реагированию на непредвиденные события имеет жизненно важное значение для успешного выполнения задач в сложных социотехнических системах [4]. Устойчивость - это своего рода адаптационный потенциал, за пределами нормального функционирования системы.

Так в работах Барбоза, Лейтао, Адама и Тронтсу [5] предложен переход к принципиально новой, названной ими «*ADACOR holonic*» - архитектуре управления, вдохновленной биологическими и эволюционными теориями. В частности, они предлагают двумерный механизм самоорганизации с поведенческой и структурной составляющей, что позволяет достичь состояния эволюционных и реконфигурируемых систем, которые могут справиться с поставленными требованиями.

Традиционно, производственные системы управления используют иерархическое управляющие структуры, которые концентрируют управление под одним центральным узлом. Они улучшают производительность и оптимизацию, но неадекватно реагируют на изменения условий, масштабируемость и непредсказуемость. Эти монолитные, жесткие управляющие структуры являются недостаточными для удовлетворения текущих требований, накладываемых производственной средой, которые требуют гибкости, надежности, реконфигурирования и отзывчивости. Таким образом, новая производственная парадигма возникла на основе идей самоорганизации - децентрализации и распределения вычислительной мощности над несколькими субъектами, но с уменьшением производительности системы в отношении оптимизации процесса. Примерами таких парадигм являются реконфигурируемые производственные системы (Reconfigurable Manufacturing Systems - RMS), многоагентные системы (Multi-agent Systems - MAS), бионические производственные системы (Bionic Manufacturing Systems - BMS), holonic производственные системы (Holonc Manufacturing Systems - HMC), и наиболее распространенные в последнее время, эволюционирующие системы производства (Evolvable Production Systems - EPS).

Децентрализованные системы, такие, как берущие за основу MAS и HMS концепции, лучше реагируют на возмущения, где выход из строя изолированного субъекта затрагивает лишь часть системы, другие части при этом могут продолжать работать без серьезного влияния.

Несмотря на показанные преимущества, децентрализованные системы не способны достигнуть такого уровня оптимизации, как иерархически выстроенные системы. Тем не менее, в самых неожиданных ситуациях, например, из-за неисправности ресурса или срочного заказа,

децентрализованные системы ведут себя лучше, так как они способны оперативно реагировать на возмущения [6].

По сути, задача состоит в том, чтобы объединить лучшее из обоих подходов, где система отображает уровни оптимизации иерархических систем в нормальных условиях и ведет себя как децентрализованная в неожиданных ситуациях. Данный подход приносит иерархические возможности для распределенных организаций, сохраняя при этом их автономию. С этой целью были развиты некоторые гибридные решения, ADACOR является хорошо известным примером такого подхода. Он представляет собой адаптивный механизм управления производством, балансирующий между двумя состояниями: иерархически стационарное состояние и децентрализованное переходное состояние.

Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в этой области, дальнейшие разработки должны быть сделаны в направлении, чтобы добиться по-настоящему динамичной и развивающейся системы, которая способна справиться с системными ограничениями, без существенного влияния на ее функционирование. Биология, природа, а также хаос и эволюционные теории являются подходящими источниками вдохновения для разработки и развития подходов для решения сложных, масштабных задач, направленных на повышение их потенциала путем внедрения концепции эмерджентности. Одним из таких примеров является использование принципов самоорганизации, которая может быть описана как способность системы, работать автономно и спонтанно, в основном за счет внутреннего межсекторального действия, и без необходимости использовать центральный орган [7, 8].

В работе [5] предложена модель двумерной самоорганизации механизмов на микро- и макроуровне, что позволяет сочетать постепенную эволюцию и радикальные изменения системы.

Одной из главных проблем, которые могут появиться в самоорганизованных распределенных автономных системах является хаотическое поведение системы, где холоны постоянно изменяют свое

поведение или вводят непрерывный цикл постоянной эволюции/адаптации.

Хотелось бы отметить, что в целом мы согласны с предложенной архитектурой управления, однако она не дает критериев для оценки устойчивости. Ценологическая теория, например, их содержит, тем самым ее применение позволит дополнить сложившийся подход к управлению производственными системами [8], но для ее реализации необходимо определить дополнительный набор самоорганизационных факторов устойчивости.

Постановка задачи эмпирического анализа

Эмпирический анализ влияния перечисленных самоорганизационных факторов проведен с использованием технологии когнитивного моделирования, где в качестве вершин были приняты точки, соответствующие SMART-подсистеме управления (таблица 1).

Таблица 1. Критерии устойчивости ADACOR *holonic*-архитектуры управления (составлена авторами)

Критерии устойчивости	Автор /Источник
-модульность -масштабируемость -реконфигурация -гибкость -надежность -диагностика угроз -Smart-управление	H. El Maraghy, T. AlGeddawy, A. Azab, W.El Maraghy [2]
-адаптация к рискам -изменчивость -гибкое реагирование	J. Bergstrom, R. van Winsen, E. Henriqson [3]
-гибкость -надежность -реконфигурация -децентрализация -самоорганизация -масштабируемость - Smart-управление	J. Barbosa, P. Leita, E. Adam, D. Trentesaux [5]
-децентрализация -диагностика угроз -гибкое реагирование -адаптация к рискам	P. Leita, F. Restivo [6]

Характеристика импульсных отношений элементов когнитивного

моделирования зависит от выявленной авторами специфики их влияния на итоговую устойчивость в динамике, что отражено в форме укрупненной когнитивной карты, в которой блоки не детализированы (рисунок 1).

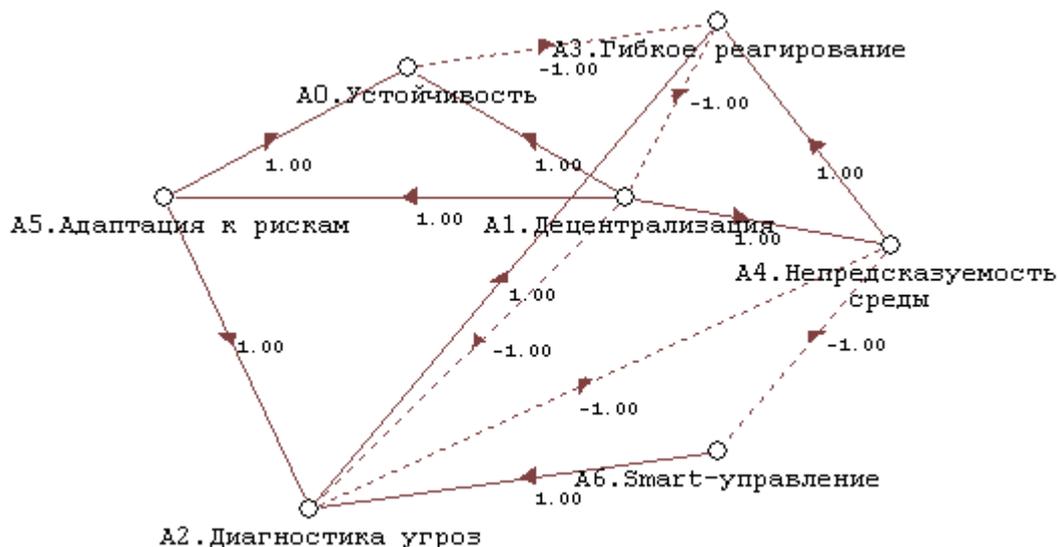


Рисунок 1. Когнитивная карта устойчивости ADACOR *holonic*-архитектуры управления (разработано авторами)

Стандартное решение [10] характеристического уравнения полученной матрицы AG , вектора e_G собственных чисел, вычисление M_{max} равного 1,43 дает основание для заключения о потенциальной неустойчивости исследуемой системы ни по возмущению, ни по начальному значению. Выявлено, что в данной системе показателей в границах возмущений отмечается состояние, при котором достигается состояние устойчивости: А2 *Диагностика угроз*, А4 *Непредсказуемость среды*. Такая q -связность рассматриваемой системы свидетельствует о высоком уровне управляемости, инварианты положительного сценария которой получены в результате импульсного моделирования (Таб.2)

Таблица 2. Результаты имитационного моделирования сценариев устойчивости (разработано авторами)

Сценарий	Результаты моделирования	Выводы
<p>А) Рост затрат на диагностику угроз</p> <p>Б) Снижение затрат на диагностику угроз</p>		<p>А) слабая устойчивость к возмущению Увеличение затрат на диагностику приводит к резкому снижению адаптивности и гибкости, ухудшает самоорганизацию</p> <p>Б) устойчивость к возмущению Снижение затрат на диагностику приводит к росту непредсказуемости среды в долгосрочном периоде, но адаптивность сохраняется на требуемом уровне цикличности [10].</p>
<p>А) Повышение непредсказуемости</p> <p>Б) Снижение непредсказуемости</p>		<p>А) устойчивость к возмущению Повышение непредсказуемости среды запускает цикличность факторов, не выходя за диапазон устойчивости, что обеспечивается гибкостью и децентрализацией.</p> <p>Б) слабая устойчивость к возмущению Снижение уровня непредсказуемости среды повышает долгосрочную устойчивость, но снижает эффективность интеллектуализации управления.</p>

Проведенное моделирование показало самый высокий уровень чувствительности к возмущениям и низкую устойчивость по симплексу *Непредсказуемость внешней среды*, что позволяет обосновать поиск нетривиальных подходов для предотвращения угроз устойчивости,

разработке Смарт-системы управления решений, математическим обеспечением которых является теория ценозов, а критериальным - ADACOR *holonic*-архитектура управления.

Таким образом, полученный результат свидетельствует о значительном влиянии на устойчивость современного предприятия факторов оценки внешней среды, что затруднено при использовании классических методов и инструментов. Применение междисциплинарных подходов, опирающихся на систему закономерностей физического и математического порядка значительно повысит результативность такого прогнозирования. К таким синтетическим подходам, несомненно, относится ценологическая теория, позволяющая давать объективные оценки долгосрочным структурным преобразованиям в системах, повышая предсказуемость их развития.

Список литературы

1. Кузьминов А.Н., Коростиева Н.Г., Филиппов С.В. Развитие моделей управления устойчивостью промышленных предприятий // *Journal of Economic Regulation*. 2016. Т. 6. № 3. С. 125-139.
2. ElMaraghy H., AlGeddawy T., Azab A., ElMaraghy W., Change in manufacturing – research and industrial challenges, in: H.A. ElMaraghy (Ed.), *Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012, pp. 2–9.
3. Bergstrom, J., van Winsen, R., Henriqson, E., 2015. On the rationale of resilience in the domain of safety: A literature review. *Reliability Engineering & System Safety*, Special Issue on Resilience Engineering 141, pp. 131-141.
4. Кузьминов А.Н. Управление устойчивостью региона: ценологическая модель // *Экономика региона*. 2009. № 2. С. 142-152.
5. Barbosa J., Leita P., Adam E., Trentesaux D., 2015. Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution. *Computers in Industry* 66 (2015), pp. 99–111.
6. Leita P., Restivo F., ADACOR: a holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control, *Computers in Industry* 57 (2) (2006), pp. 121–130.
7. Кузьминов А.Н., Тяглов С.Г. Самоорганизационная модель управления импортозамещением в регионе. // *Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова*. 2016. № 1 (85). С. 122-129.
8. Кузьминов А.Н., Концептуальная модель ценологического управления в социально-экономических системах/*Terra Economicus*, № 2-2, 2009. с. 28-32.
9. Ивантер В.В. НЭП как предчувствие. // *Российская газета – Федеральный выпуск №7185 (19) от 29.01.2017*. URL: <https://rg.ru/2017/01/29/viktor-ivanter-bridetsia-nachinat-novuiu-ekonomicheskuiu-politiku.html> (дата обращения: 15.03.2017г.).

10. Горелова Г. В., Лябах Н. Н. Когнитивный анализ: проблемы применения и развития // Новые технологии. 2016. №4. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnyy-analiz-problemy-primeneniya-i-razvitiya> (дата обращения: 20.03.2017г.).

References

1. Kuz'minov A.N., Korostieva N.G., Filippov S.V. Razvitie modelej upravlenija ustojchivost'ju promyshlennyh predpriyatij // Journal of Economic Regulation. 2016. T. 6. №3. S. 125-139.
2. ElMaraghy H., AlGeddawy T., Azab A., ElMaraghy W., Change in manufacturing – research and industrial challenges, in: H.A. ElMaraghy (Ed.), Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012, pp. 2–9.
3. Bergstrom, J., van Winsen, R., Henriqson, E., 2015. On the rationale of resilience in the domain of safety: A literature review. Reliability Engineering & System Safety, Special Issue on Resilience Engineering 141, pp. 131-141.
4. Kuz'minov A.N. Upravlenie ustojchivost'ju regiona: cenologicheskaja model' // Jekonomika regiona. 2009. № 2. S. 142-152.
5. Barbosa J., Leita P., Adam E., Trentesaux D., 2015. Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution. Computers in Industry 66 (2015), pp. 99–111.
6. Leita P., Restivo F., ADACOR: a holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control, Computers in Industry 57 (2) (2006), pp. 121–130.
7. Kuz'minov A.N., Tjaglov S.G. Samoorganizacionnaja model' upravlenija importozameshheniem v regione. // Vestnik Rossijskogo jekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plehanova. 2016. № 1 (85). S. 122-129.
8. Kuz'minov A.N., Kontseptual'naya model' tsenologicheskogo upravleniya v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh/Terra Economicus, № 2-2, 2009. s. 28-32.
9. Ivanter V.V. NJeP kak predchuvstvie. // Rossijskaja gazeta – Federal'nyj vypusk №7185 (19) ot 29.01.2017. URL: <https://rg.ru/2017/01/29/viktor-ivanter-bridetsia-nachinat-novuiu-ekonomicheskuiu-politiku.html> (дата obrashhenija: 15.03.2017).
10. Gorelova G. V., Lyabakh N. N. Kognitivnyy analiz: problemy primeneniya i razvitiya // Novyye tekhnologii. 2016. №4. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnyy-analiz-problemy-primeneniya-i-razvitiya> (дата obrashcheniya: 20.03.2017).