

## ИССЛЕДОВАНИЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И ЦИКЛИЧНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ\*

Павел Борисович БОЛДЫРЕВСКИЙ<sup>а\*</sup>, Андрей Константинович ИГОШЕВ<sup>б</sup>,  
Людмила Анатольевна КИСТАНОВА<sup>с</sup>

<sup>а</sup> доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математических и естественнонаучных дисциплин,  
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
Нижний Новгород, Российская Федерация  
bpavel2@rambler.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 7004-7809

<sup>б</sup> кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики фирмы,  
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
Нижний Новгород, Российская Федерация  
akigoshev@iee.unn.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 9016-3628

<sup>с</sup> старший преподаватель кафедры математических и естественнонаучных дисциплин,  
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
Нижний Новгород, Российская Федерация  
lakistanova@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 2835-1795

\* Ответственный автор

### История статьи:

Получена 29.08.2018

Получена в доработанном  
виде 12.09.2018

Одобрена 26.09.2018

Доступна онлайн 29.11.2018

УДК 005.342

JEL: C02, C22, O13

### Ключевые слова:

экономическая  
устойчивость, цикличность,  
конкуренция,  
синергетические эффекты

### Аннотация

**Предмет.** В динамике экономического процесса наиболее важную часть составляют различного рода циклические конструкции. Для анализа устойчивости экономических систем необходимо исследовать причины появления циклическостей и оценить характеристики их влияния на экономические показатели объектов.

**Цели.** Построение экономико-математических моделей, позволяющих проводить количественный и качественный анализ циклического развития экономических систем с учетом возможных синергетических эффектов.

**Методология.** Использовались методы теории систем и системного анализа. Математическое моделирование проводилось на основе модели Лотки – Вольтерры, разработанной ранее для биологических систем.

**Результаты.** Рассмотрено несколько гипотез объяснения циклического поведения экономических систем, из которых наиболее эффективными представляются гипотезы, базирующиеся на синергетических подходах, поскольку в них наиболее полно учитываются взаимосвязи внешних и внутренних факторов субъектов хозяйствования. Предложены экономико-математические модели, позволяющие осуществлять поиск и обнаружение циклов, визуализацию круговых конструкций, обсчет их характеристик, нахождение центров (стационарных состояний) с учетом конкурентной среды экономических систем. Представлены математические модели типа Лотки – Вольтерры и проанализированы особенности их поведения для нескольких возможных состояний равновесия экономических систем. Разработаны подходы, основанные на методах фазового анализа экономических систем, позволяющие находить и визуализировать системные экономические циклы.

**Выводы.** Предложенная методика анализа циклического развития экономических систем с учетом проявления синергетических эффектов позволяет оценить условия устойчивости и цикличности в зависимости от уровня возмущений и запаздываний в цепи управления.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

**Для цитирования:** Болдыревский П.Б., Игошев А.К., Кистанова Л.А. Исследования синергетических эффектов и цикличности современных экономических систем // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 11. – С. 2166 – 2178.  
<https://doi.org/10.24891/ea.17.11.2166>

Развитие инновационной деятельности в современной экономической системе может иметь достаточно много сценариев, но самыми предпочтительными из них будут те, в которых экономические процессы наиболее устойчивы [1, 2]. В динамических системах, а экономические системы являются таковыми, сохранять устойчивый режим достаточно сложно. Так как сложно выполнить условие, что при малейших отклонениях параметров экономической системы переменные, характеризующие экономические процессы данной системы, будут иметь такие же незначительные отклонения. Чаще всего в экономической системе наблюдаются неустойчивые экономические процессы, когда небольшие отклонения приводят к существенным изменениям показателей всей системы и к потере финансовой устойчивости. Необходимо учитывать, что в динамике экономического процесса циклические конструкции всегда составляют достаточно важную его часть [3–5]. Существует несколько предположений объяснения циклического поведения экономических систем.

Одно из предположений базируется на синергетических подходах, поскольку экономические системы обладают всеми отличительными признаками фундаментальных принципов синергетики. Основной принцип синергетической парадигмы предполагает, что внутренняя неустойчивость всегда присуща любой экономике вследствие конкуренции, возникающей между хозяйствующими субъектами. При этом кроме эндогенной неустойчивости может возникнуть экзогенная, порожденная некоторыми странами для решения своих насущных проблем экономическими способами.

Предположение появления циклов в результате того, что экономические процессы не происходят мгновенно, а имеют лаговую

структуру, во многом объясняет циклическое поведение экономических систем.

В современной ситуации это выражается в перманентном запаздывании предложения к весьма динамично развивающемуся спросу.

Следующее предположение заключается в том, что при рассмотрении циклов и повторяющихся движений в замкнутых системах автоматического регулирования можно обнаружить сходство с циклами, возникающими в экономических системах. Замкнутые системы автоматического регулирования являются неустойчивыми. В них цикличность порождается чистым запаздыванием в цепи регулирования управляемого воздействия от управляющего на некоторую величину времени. В экономике чистое запаздывание может быть порождено запаздыванием принимаемых управленческих решений в логической цепочке менеджмента.

В выявлении циклов, в расчетах их параметров, в отображении круговых конструкций, а также в хронометрировании временных точек циклов экономической конъюнктуры может быть использован фазовый анализ<sup>1</sup> [6].

Методы фазового анализа успешно используются в исследованиях экономических процессов. Экономический анализ на фазовых портретах и параметрических картинах взаимозависимостей графически представленных переменных позволяет определить новые направления развития экономических исследований, где применяются первые производные, которые отражают скорость, динамику и тенденцию процессов. Модель процесса в этом случае должна быть непрерывной по отношению ко времени и аналитической, что предполагает

<sup>\*</sup> Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 17-06-00089 А.

<sup>1</sup> Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1992. 257 с.; Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика, 2003. 413 с.

использование при моделировании дифференциальных уравнений.

При помощи фазовых методов можно выполнить качественное исследование дифференциальных уравнений и показать на диаграммах экономические циклы. Синергетические эффекты могут проявляться в окрестностях точек пересечения фазовых траекторий экономических систем. Таким образом, осмысление природы и особенностей проявления синергетических эффектов экономических систем демонстрирует возможности организации управления экономикой на качественно новом уровне<sup>2</sup> [7].

При выборе стратегии, особенно связанной с новым производством или с позиционированием на рынке продаж, организация старается учитывать принципы синергизма. Если организация, имеющая разветвленную сеть, достаточно масштабная, то ей необходимо объединить синергизм своих филиалов, чтобы на фоне небольших организаций иметь преимущества в развитии экономической деятельности. Очевидно, синергизм дает возможность инвестициям внедряться более быстро, интенсивней увеличивать объемы реализуемой продукции, уменьшать затраты на производство и на управление, соответственно, значительно экономить основные ресурсы. В каждом из этих событий можно обнаружить потенциальный синергизм. Это заключается в том, что согласованность усилий позволяет в целом нивелировать издержки и повысить уровень квалификации персонала. К тому же каждое событие может содержать свой источник синергизма. Предположим, использование единой системы сбыта и торговой марки позволяет добиться снижения затрат на раскрутку нового товара и сокращения временных интервалов на сроки его поставок. Поэтому синергизм в сфере маркетинга и продаж играет важную роль, особенно когда необходимо выделить работу одной организации по отношению к другим в качестве примера.

Факторы, при которых достигается синергетический эффект, характеризуются

<sup>2</sup> Жилин Д.М. Теория систем. М.: УРСС, 2004. 183 с.

функциональной, стратегической, и управленческой возможностями [8, 9].

При функциональной возможности синергетический эффект достигается за счет применения профессиональных компетенций соответствующих служб.

Стратегическая возможность получения синергетического эффекта появляется, когда конкурентные стратегии всей организации взаимодополняются и усиливаются.

Управленческая возможность характеризуется прежде всего согласованностью применения принципов управления и способностью эффективно принимать решения руководителями организации всех уровней.

Известно, что синергетический эффект может быть положительным и отрицательным. Отрицательный синергетический эффект возникает, когда наблюдается несогласованность действий, и совместная работа подразделений организации не дает желаемого эффекта. Положительный синергетический эффект, получаемый за счет коллективного использования ресурсов, особенно при разработке инновационной продукции, а также за счет создания преимуществ при договоренности сроков долгосрочных проектов, дает хорошие результаты работы организации и приводит к высоким экономическим показателям. Чаще всего синергетические эффекты описывают тремя переменными: ростом прибыли в денежном выражении, уменьшением оперативных расходов, понижением потребности в инвестициях. Если изменение этих переменных с течением времени ускоряется, то в этом случае также наблюдается синергетический эффект, но уже на более высоком уровне. Следует заметить, что на практике количественно оценить функциональные зависимости переменных и их совместное влияние на экономические показатели и рейтинг организации бывает весьма сложно [10].

В настоящее время организации недостаточно занять более выигрышную позицию на рынке. Необходимо добиться стабильного преимущества в конкуренции, оптимизируя

синергетический эффект, соответствующим образом взвешивая и координируя реализуемые действия. Добившись конкурентного преимущества можно потратить больше средств на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, на рекламу вновь создаваемой продукции, при этом отстаивая большую долю рынка за счет повышения рентабельности производства и продаж, тем самым привлекая инвестиционный капитал.

Некоторые виды синергетического эффекта имеют существенное значение для определенного сектора экономики. На промышленный сектор значительное влияние оказывает синергизм в сфере продаж и менеджмента. Синергизм продаж находит свое отражение, когда организация использует одни и те же каналы продаж, осуществляя управление ими через одни и те же логистические центры. Синергизм менеджмента проявляется при переходе на новую экономическую конъюнктуру, где менеджеры организации должны показать владение всеми компетенциями, включая производственный опыт работы и ранее накопленные знания. Главными источниками при этом являются управляющие компетенции руководства. Наличие оперативного синергизма можно связать с эффективной организацией оперативного менеджмента и, соответственно, с результатами работы функциональных отделов организации. Для промышленного сектора экономики так же важно присутствие инвестиционного синергизма. Совместное использование инвестиций отражается в активном участии всех подразделений организации в инновационных проектах, в расходах на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, в общем использовании материально-технической базы и кредитов как краткосрочных, так и долгосрочных.

Для более детального исследования синергетических эффектов и цикличностей современных экономических систем использовалась математическая модель типа Лотки – Вольтерры [11, 12]. Математическое

моделирование и графическая интерпретация результатов расчетов проводились с помощью пакета прикладных программ MATLAB<sup>3</sup>.

Система обыкновенных дифференциальных уравнений Лотки – Вольтерры описывает взаимодействия между конкурирующими биологическими видами. В математической форме система имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial x}{\partial t} &= (\alpha - \beta y)x; \\ \frac{\partial y}{\partial t} &= (-\gamma + \delta x)y, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x$  – количество жертв;  $y$  – количество хищников;  $t$  – время;  $\alpha$  – коэффициент прироста численности жертв;  $\beta$  – вероятность встречи с хищником;  $\gamma$  – коэффициент роста хищников за счет жертв;  $\delta$  – коэффициент убыли числа хищников.

Экономическое решение этой модели нуждается в критериях разделения конкурентов на так называемых хищников и жертв, которые могут быть определены для производственных предприятий. Например, хищники – это более успешные, инновационные предприятия, оптимизирующие синергетические эффекты и занимающие высокую долю рынка (предприятия типа А). Жертвами могут оказаться предприятия типа В, имеющие в силу определенных причин низкую конкурентоспособность в данном секторе экономики, то есть достаточно высокую вероятность банкротства и поглощения предприятиями типа А.

Следует заметить, что модель (1) неустойчива относительно действующих возмущений, поскольку ее стационарное состояние – центр, и может быть применена только для относительно короткоживущих экономических процессов [13].

Существует другой вид моделей, в которых возникают незатухающие колебания. Это модели типа Холлинга – Тэннера, имеющие на фазовых портретах предельные циклы [14]. Модель Холлинга – Тэннера является

<sup>3</sup> Паасонен В.И. Инструмент научных исследований MATLAB. Новосибирск: НГУ, 2000. 161 с.

модификацией базовой модели Лотки – Вольтерры. Скорость роста числа жертв  $\partial x/\partial t$  в этой модели равна сумме трех величин: скорости размножения в отсутствие хищников –  $rx$ ; влияния конкуренции при ограниченных ресурсах (для случая конкурирующих производителей – это влияние ограниченных сырьевых ресурсов) –  $rx_1(x_1/K)$ ; условия насыщения –  $w x_2(x_1/(D+x_1))$ . Здесь  $K$  – емкость среды,  $w$  – максимальная скорость процесса поглощения жертвы,  $D$  – величина, пропорциональная времени взаимодействия хищника и жертвы.

Будем считать, что один хищник может поглощать постоянное число жертв  $J$  из общего множества их  $x_1$  на данный момент времени. Тогда уравнение возможного роста числа хищников имеет следующий вид:

$$\frac{\partial x_2}{\partial t} = x_2 \left( s - \frac{Jx_2}{x_1} \right), \quad (2)$$

где  $s$  – скорость роста числа хищников, которая может быть постоянной или равной нулю.

Таким образом, имеем систему дифференциальных уравнений модели Холлинга – Тэннера:

$$\begin{aligned} \frac{\partial x_1}{\partial t} &= r \left( 1 - \frac{x_1}{K} \right) x_1 - w x_2 \frac{x_1}{D + x_1}; \\ \frac{\partial x_2}{\partial t} &= s \left( 1 - \frac{Jx_2}{x_1} \right) x_2, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $r, s, K, D, J$  – положительные постоянные величины, задаваемые при моделировании.

Нелинейность этой модели довольно сильна, что видно из фазового портрета, витки которого заметно отличны от эллипсов (рис. 1). Очевидно, что при любых начальных условиях фазовые траектории стремятся к устойчивому предельному циклу, который определяет амплитуду колебаний в стационарном режиме работы системы. При этом колебания могут затухать во времени или возрастать, что отражено в приведенном

примере, приближаясь при этом к стационарным колебаниям.

Пример решения системы и ее фазовый портрет представлены на рис. 1, 2 при заданных параметрах  $r = 1\%$ ,  $K = 7\%$ ,  $w = 1\%$ ,  $D = 1\%$ ,  $s = 0,2\%$ ,  $J = 0,5\%$ ,  $\Delta t = 0,5$  и начальных условиях  $x_1(0) = 2$  и  $x_2(0) = 2$ . В данном случае рост доли рынка за условный промежуток времени  $\Delta t = 0,5$  у предприятий-хищников (тип А) составит 1%, у предприятий-жертв (тип В) – 0,2%, емкость рыночной среды, ограничивающей рост рынка сбыта – 7% (в случае синергетического роста или синергетического эффекта этот показатель должен расти экспоненциально). Ситуация синергетического эффекта целого кластера предприятий может возникнуть при пересечении траекторий числа хищников и жертв на подъеме их взаимного развития и роста.

Следует заметить, что на рис. 1, 2 приведена ситуация, когда амплитуда колебаний предприятий-хищников меньше, чем амплитуда жертв, что характерно для малых предприятий, вынужденных при взаимодействии с хищниками использовать новые технологии и инновации для выпуска более качественной продукции. В целом на модели типа Лотки – Вольтерры можно моделировать и анализировать процесс безусловного исключения одного вида объектов другим в зависимости от соотношения величин начальной плотности видов и величины конкурентной силы. Такая экономическая ситуация прежде всего характеризуется тем, что современный рынок готов предложить потребителям множество товаров, причем различий между товарами одной категории может быть немного, а производителей – игроков на рынке – огромное количество.

В настоящее время жесткая конкуренция за рынки сбыта в определенной степени отвечает принципу Гаузе – принципу исключения (разработанному первоначально для биологических систем), когда два вида не могут занимать одну и ту же нишу [15]. В этом случае может происходить возникновение

нового вида, обитающего в другой нише, например, в экономических системах – возникновение качественно новых инновационных предприятий (тип С) при соответствующем поглощении менее устойчивых объектов. Уравнение Гаузе, вытекающее из системы (1), имеет следующий вид:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = ax(N - x) - bx, \quad (4)$$

где  $a$  – скорость прироста новых предприятий;  $N$  – необходимое (предельное) число предприятий в данном секторе экономики;  $b$  – коэффициент, характеризующий конкурентное взаимодействие между предприятиями.

Рассмотрим пример применения уравнения (4) для прогноза роста числа более успешных предприятий в некотором секторе экономики. Предположим, что количество предприятий в этом секторе необходимо увеличить от действующих 100 до 150, при этом рассмотрим три варианта начальных условий  $x(0)$ : когда число конкурирующих предприятий равно 20; 50 и все 100 предприятий конкурируют на рынке. При помощи уравнения Гаузе при подобранных параметрах ( $N = 150$ ,  $a = 0,007$ ,  $b = 0,015$ ,  $\Delta t = 0,2$ ) были построены графики, отражающие динамику системы (рис. 3).

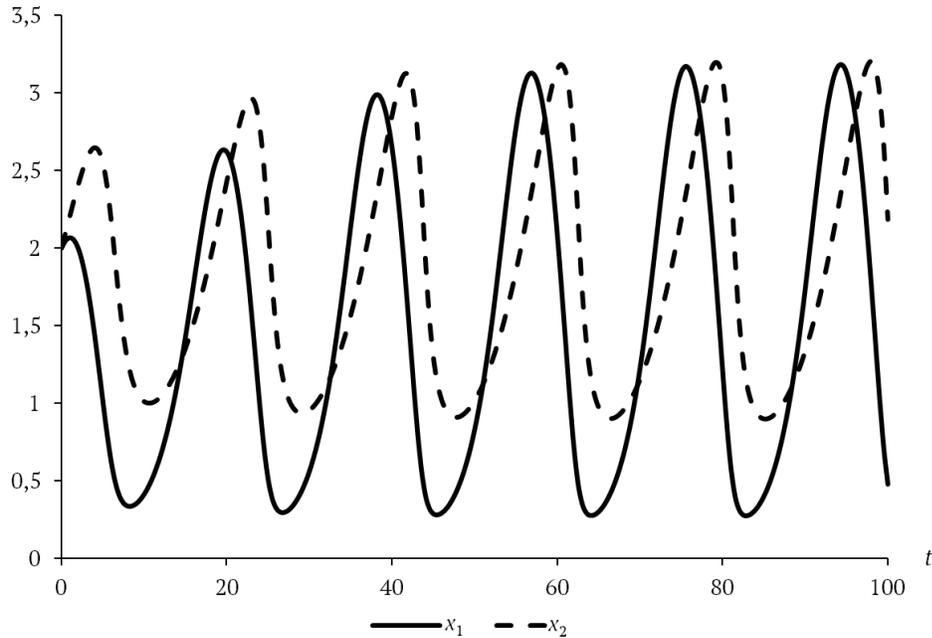
На рис. 3 явно видно, что чем больше предприятий участвуют в конкурентной борьбе, тем быстрее идет процесс образования новых предприятий (тип С) и поглощения предприятий типа А. Так, при начальных условиях  $x(0) = 20$  число предприятий 150 будет только через 8 лет; при начальных условиях  $x(0) = 50$  число предприятий достигнет этой цифры через 6 лет; при начальных условиях  $x(0) = 100$  число предприятий 150 будет через 5 лет. В последнем варианте соответствующий рост и поглощение предприятий происходят весьма интенсивно. В этом случае может наблюдаться синергетический рост рынка, возникающий при сетевых эффектах [16].

Проведенное исследование позволяет сделать ряд выводов.

Цикличности (непрерывные колебания рыночной экономики) органично присущи любой экономической системе. Относительно устойчивое развитие возможно в тех случаях, когда динамика фаз и параметров циклов не приводит к значительному (резонансному) изменению основных свойств системы. Для управления в определенной степени параметрами циклов и достижения эффектов синергии необходимо непрерывно осуществлять анализ действия всех объектов системы, прежде всего – их взаимоподдерживающих связей и поведенческих реакций в различных экономических ситуациях. В условиях современной рыночной экономики конкурентная среда может отождествляться с биологической системой, где присутствуют так называемые хищники (предприятия, которые диктуют ценовую политику, задают стандарты в своей отрасли, являются поставщиками инноваций) и жертвы (предприятия, которые вынуждены приспосабливаться к внешней среде с учетом установленных стандартов, имеющие относительно низкую конкурентоспособность и значительную вероятность банкротства и поглощения хищниками). Математически такая ситуация может быть описана системой дифференциальных уравнений модели типа Лотки – Вольтерры для конкурирующих видов. Применение подобных моделей для анализа и прогнозирования экономических систем прежде всего требует проведения количественного и качественного анализа для оценки коэффициентов соответствующей модели и их экономической интерпретации. Безусловное поглощение одних предприятий другими в конкурентной борьбе является менее эффективным для экономических систем, чем их взаимное объединение с учетом накопленных достижений, опыта и всех возможных видов взаимодействия. В этом случае следует ожидать появления на рынке новых инновационных предприятий, оптимизирующих синергетические эффекты.

**Рисунок 1**  
Графики решений уравнений Холлинга – Тэннера

**Figure 1**  
Graphs of solutions to the Holling–Tanner equations

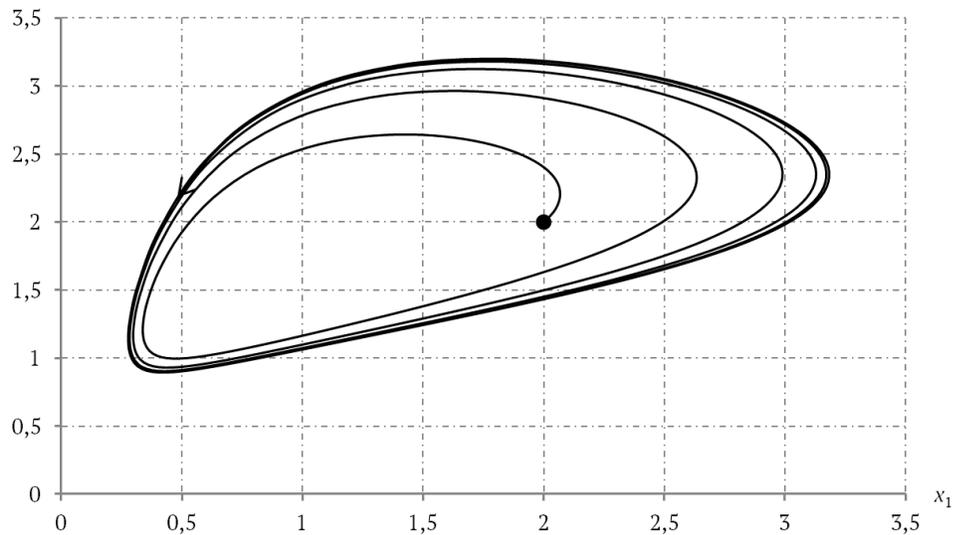


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 2**  
Фазовый портрет системы, описываемой моделью Холлинга – Тэннера

**Figure 2**  
Phase portrait of the system described by the Holling–Tanner model



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

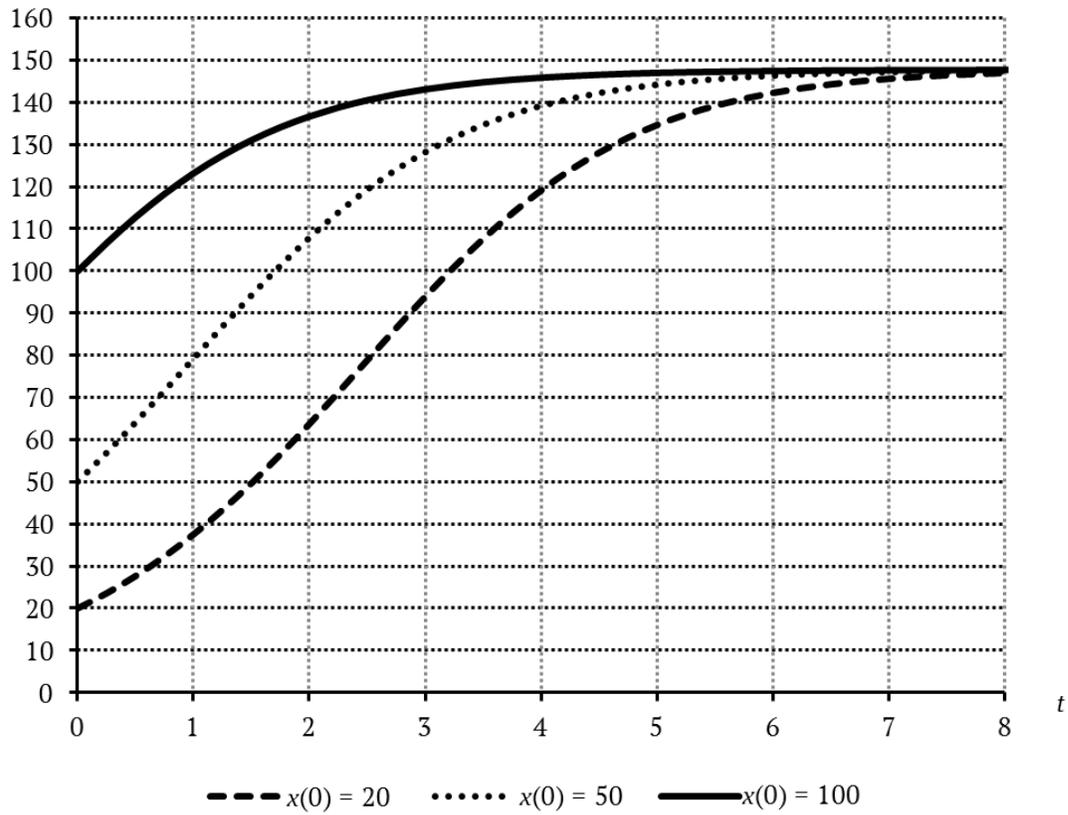
**Рисунок 3**

**Интегральные кривые уравнения Гаузе при различных начальных условиях**

**Figure 3**

**Integral curves of the Gause equation for various initial conditions**

$X$



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Список литературы**

1. *Каганович А.А.* Устойчивость пространственно-временных экономических систем // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2017. № 2. С. 12–16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ustoychivost-prostranstvenno-vremennyh-ekonomicheskikh-sistem>
2. *Болдыревский П.Б., Игошев А.К., Кистанова Л.А.* Анализ основных факторов экономической устойчивости промышленных предприятий России // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер.: Социальные науки. 2018. № 1. С. 7–13. URL: <https://www.hse.ru/data/2018/09/28/1156823544/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%9D%D0%9D%D0%93%D0%A3%201.pdf>
3. *Горшенин В.Ф., Горшенина Д.А.* Цикличность развития нелинейных экономических систем // Вестник Челябинского государственного университета. 2014. № 15. С. 32–39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsiklichnost-razvitiya-nelineynyh-ekonomicheskikh-sistem>
4. *Dudin M.N., Lyasnikov N.V., Senin A.S., Kapustin S.N.* The Cyclicity of the Development of the Global Economic System amid Present-Day Globalization. *European Researcher*, 2014, vol. 84, iss. 10-1, pp. 1752–1764. URL: <https://doi.org/10.13187/er.2014.84.1752>
5. *Буторина О.В.* Теоретические основы систематизации факторов циклического развития экономических систем // Проблемы современной экономики. 2014. № 1. С. 65–68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-sistemizatsii-faktorov-tsiklicheskogo-razvitiya-ekonomicheskikh-sistem>
6. *Сафиуллин М.Р., Ельшин Л.А., Прыгунова М.И.* Механизмы и методы статистического анализа и учета фазовых сдвигов циклического развития экономики в условиях повышенной неопределенности институциональной и конъюнктурной среды // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 10. С. 34–45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-i-metody-statisticheskogo-analiza-i-ucheta-fazovyh-sdvigov-tsiklicheskogo-razvitiya-ekonomiki-v-usloviyah-povyshennoy>
7. *Кэмпбелл Э.* Стратегический синергизм. СПб.: Питер, 2004. 416 с.
8. *Касьяненко Т.Г., Иванов Д.А.* Синергия в современной экономике: определение и типология // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 4. № 6. С. 18–25. URL: [https://dekanat.unecon.ru/DOCS/stud\\_files/467878/%C8%FE%ED%FC%2C2017\\_%B9\\_6\\_4\\_%C1%EB%EE%EA\\_%28%F1%E6%E0%F2%FB%E9%29.pdf](https://dekanat.unecon.ru/DOCS/stud_files/467878/%C8%FE%ED%FC%2C2017_%B9_6_4_%C1%EB%EE%EA_%28%F1%E6%E0%F2%FB%E9%29.pdf)
9. *Абдокова Л.З.* Синергетический эффект как результат эффективного управления // Фундаментальные исследования. 2016. № 10-3. С. 581–584. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40899>
10. *Макаров В.Л.* Обзор математических моделей экономики с инновациями // Экономика и математические методы. 2009. Т. 45. Вып. 1. С. 3–14.
11. *Поздеев А.Г., Сапцин В.П., Кузнецова Ю.А.* Обобщение модели экологии популяции Лотки – Вольтерры на основе принципов системной динамики // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 2. С. 94–101. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obobschenie-modeli-ekologii-populyatsiy-lotki-volterry-na-osnove-printsipov-sistemnoy-dinamiki>
12. *Романов В.П., Ахмадеев Б.А.* Моделирование инновационной экосистемы на основе модели «хищник – жертва» // Бизнес-информатика. 2015. № 1. С. 7–17.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-innovatsionnoy-ekosistemy-na-osnove-modeli-hischnik-zhertva>

13. *Morris S.A., Pratt D.* Analysis of the Lotka – Volterra Competition Equations as a Technological Substitution Model. *Technological Forecasting & Social Change*, 2003, vol. 70, iss. 2, pp. 103–133.
14. *Гинзбург Л.Р., Коновалов Н.Ю., Эпельман Г.С.* Математическая модель взаимодействия двух популяций // *Журнал общей биологии*. 1974. Т. 35. № 4. С. 613–620.
15. *Гаузе Г.Ф.* О процессах уничтожения одного вида другим в популяциях инфузорий // *Зоологический журнал*. 1935. Т. 14. Вып. 2. С. 243–270.
16. *Гребенкин И.В.* Моделирование стратегии рыночной адаптации промышленных предприятий // *Журнал экономической теории*. 2016. № 2. С. 72–80.

### **Информация о конфликте интересов**

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## RESEARCHING THE SYNERGISTIC EFFECTS AND CYCLICALITY OF MODERN ECONOMIC SYSTEMS

Pavel B. BOLDYREVSKII <sup>a,\*</sup>, Andrei K. IGOSHEV <sup>b</sup>, Lyudmila A. KISTANOVA <sup>c</sup>

<sup>a</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),  
Nizhny Novgorod, Russian Federation  
bpavel2@rambler.ru  
ORCID: not available

<sup>b</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),  
Nizhny Novgorod, Russian Federation  
akigoshev@iee.unn.ru  
ORCID: not available

<sup>c</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),  
Nizhny Novgorod, Russian Federation  
lakistanova@mail.ru  
ORCID: not available

\* Corresponding author

### Article history:

Received 29 August 2018  
Received in revised form  
12 September 2018  
Accepted 26 September 2018  
Available online  
29 November 2018

**JEL classification:** C02, C22,  
O13

**Keywords:** economic  
stability, cyclicity,  
competition, synergistic  
effect

### Abstract

**Subject** Various cyclical structures represent the most important part in the dynamics of economic process. To analyze the sustainability of economic systems, it is crucial to investigate causes of cyclicity and evaluate the characteristics of its impact on the economic performance of entities.

**Objectives** The aim is to construct economic and mathematical models enabling quantitative and qualitative analysis of economical systems' cyclical development, taking into account possible synergistic effects.

**Methods** We employ methods of the systems theory and systems analysis. Mathematical modeling rests on the Lotka–Volterra equations earlier developed for biological systems.

**Results** We considered several hypotheses. The most efficient are those relying on synergistic approach, as in this case the interrelation of external and internal factors of economic entities is considered to the fullest extent possible. The paper offers economic and mathematical models enabling to search and detect cycles, visualize circular constructions, calculate their characteristics, find centers (stationary state), considering the competitive environment of economic systems. We present mathematical models, like the Lotka–Volterra ones, and analyze the specifics of their behavior for several possible equilibrium states of economic systems. Furthermore, we developed approaches that are based on methods of phase analysis of economic systems. They help find and visualize system economic cycles.

**Conclusions** The proposed methods to analyze cyclical development of economic systems taking into account the synergistic effects enable to assess stability and cyclicity depending on the level of disturbances and delays in the control circuit.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

**Please cite this article as:** Boldyrevskii P.B., Igoshev A.K., Kistanova L.A. Researching the Synergistic Effects and Cyclicity of Modern Economic Systems. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 11, pp. 2166–2178. <https://doi.org/10.24891/ea.17.11.2166>

### Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant № 17-06-00089 A.

## References

1. Kaganovich A.A. [Stability of space-time economic systems]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Bulletin of Saint-Petersburg State University of Economics*, 2017, no. 2, pp. 12–16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ustoychivost-prostranstvenno-vremennyh-ekonomicheskikh-sistem> (In Russ.)
2. Boldyrevskii P.B., Igoshev A.K., Kistanova L.A. [Analysis of the main factors of economic stability of industrial enterprises in Russia]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta imeni N.I. Lobachevskogo. Ser.: Sotsial'nye nauki = Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Social Sciences*, 2018, no. 1, pp. 7–13.  
URL: <https://www.hse.ru/data/2018/09/28/1156823544/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%9D%D0%9D%D0%93%D0%A3%201.pdf> (In Russ.)
3. Gorshenin V.F., Gorshenina D.A. [Cyclical development of nonlinear economic systems]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta = CSU Bulletin*, 2014, no. 15, pp. 32–39.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsiklichnost-razvitiya-nelineynyh-ekonomicheskikh-sistem> (In Russ.)
4. Dudin M.N., Lyasnikov N.V., Senin A.S., Kapustin S.N. The Cyclicity of the Development of the Global Economic System amid Present-Day Globalization. *European Researcher*, 2014, vol. 84, iss. 10-1, pp. 1752–1764. URL: <https://doi.org/10.13187/er.2014.84.1752>
5. Butorina O.V. [Theoretical foundations on the factor systematization in the cyclical development of economic systems (Russia, Perm)]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2014, no. 1, pp. 65–68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-sistematizatsii-faktorov-tsiklicheskogo-razvitiya-ekonomicheskikh-sistem> (In Russ.)
6. Safiullin M.R., El'shin L.A., Prygunova M.I. [Mechanisms and methods for statistical analysis and tracing of shifts in phases of cyclical development of the economy under increased uncertainty of the institutional and market environment]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2016, no. 10, pp. 34–45.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-i-metody-statisticheskogo-analiza-i-ucheta-fazovyh-sdvigov-tsiklicheskogo-razvitiya-ekonomiki-v-usloviyah-povyshennoy> (In Russ.)
7. Campbell A. *Strategicheskii sinergizm [Strategic Synergy]*. St. Petersburg, Piter Publ., 2004, 416 p.
8. Kas'yanenko T.G., Ivanov D.A. [Synergy in the modern economy: Definition and typology]. *Ekonomika i Upravlenie: Problemy, Resheniya*, 2017, vol. 4, no. 6, pp. 18–25.  
URL: [https://dekanat.unecon.ru/DOCS/stud\\_files/467878/%C8%FE%ED%FC%2C2017\\_%B9\\_6-4\\_%C1%EB%EE%EA\\_%28%F1%E6%E0%F2%FB%E9%29.pdf](https://dekanat.unecon.ru/DOCS/stud_files/467878/%C8%FE%ED%FC%2C2017_%B9_6-4_%C1%EB%EE%EA_%28%F1%E6%E0%F2%FB%E9%29.pdf) (In Russ.)
9. Abdokova L.Z. [Synergistic Effect How the Result of Effective Management]. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2016, no. 10-3, pp. 581–584.  
URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40899> (In Russ.)
10. Makarov V.L. [A review of mathematical models of innovation-driven economy]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2009, vol. 45, iss. 1, pp. 3–14. (In Russ.)

11. Pozdeev A.G., Saptsin V.P., Kuznetsova Yu.A. [Generalization of Ecology Model of Lotka-Volterra Population Based on System Dynamics]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie = Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest, Ecology, Nature Management*, 2011, no. 2, pp. 94–101. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obobschenie-modeli-ekologii-populyatsiy-lotki-volterry-na-osnove-printsipov-sistemnoy-dinamiki> (In Russ.)
12. Romanov V.P., Akhmadeev B.A. [Innovation ecosystem modelling based on 'predator-prey' model]. *Biznes-informatika = Business Informatics*, 2015, no. 1, pp. 7–17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-innovatsionnoy-ekosistemy-na-osnove-modeli-hischnik-zhertva> (In Russ.)
13. Morris S.A., Pratt D. Analysis of the Lotka–Volterra competition equations as a technological substitution model. *Technological Forecasting & Social Change*, 2003, vol. 70, iss. 2, pp. 103–133.
14. Ginzburg L.R., Konovalov N. Yu., Epel'man G.S. [Mathematical model of interaction between two populations]. *Zhurnal obshchei biologii = Journal of General Biology*, 1974, vol. 35, no. 4, pp. 613–620. (In Russ.)
15. Gauze G.F. [On the processes of destruction of one species by another in populations of infusorias]. *Zoologicheskii zhurnal = Zoological Journal*, 1935, vol. 14, iss. 2, pp. 243–270. (In Russ.)
16. Grebenkin I.V. [Simulation of market adaptation of industrial enterprises strategy]. *Zhurnal ekonomicheskoi teorii = Russian Journal of Economic Theory*, 2016, no. 2, pp. 72–80. (In Russ.)

#### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.