

Информационные системы и процессы

Научная статья

УДК 330.11.4:330.3

DOI: 10.32324/2412-8945-2024-1-20-29

ЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЖАЕМОСТИ В ЭКОНОМИКЕ

Сергей Борисович Кузнецов<sup>1</sup>, Анатолий Викторович Елисеенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», Новосибирск, Российская Федерация

<sup>1,2</sup> Сибирский институт управления — филиал РАНХиГС, Новосибирск, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Сергей Борисович Кузнецов, sbk1314@mail.ru

**Аннотация.** Предлагаемое исследование рассматривает концепцию перемежаемости в экономической сфере и ее влияние на процессы взаимодействия различных секторов экономики. Изучение явления перемежаемости представляет собой важный вклад в понимание динамики экономической системы и ее возможных изменений в условиях быстро меняющегося и нестабильного мирового экономического климата. Авторы подчеркивают, что понимание перемежаемости необходимо для разработки эффективных стратегий управления ресурсами, а также для улучшения прогнозирования и планирования в экономической сфере и предотвращения потенциальных кризисных ситуаций. Результаты работы основаны на анализе статистических данных Российской Федерации в предкризисный, кризисный и посткризисный периоды. Одной из ключевых проблем, связанных с перемежаемостью, является ее роль в переходе к хаосу. Целью исследования является определение возможности перехода к кризисам в экономике через перемежаемость. Особое внимание уделяется III типу перемежаемости. В частности, авторы рассматривают возможность моделирования вхождения в кризис с помощью субкритической субгармонической бифуркации Неймарка — Сакера, а также суперкритической бифуркации Андронова — Хопфа. Были использованы и проанализированы числовые ряды трудовых ресурсов и объемов инвестиций в экономике Российской Федерации с 2000 по 2022 г. с целью выявления временных отрезков, на которых возникают чередующиеся ламинарные и турбулентные фазы экономического развития. На основе этих данных с помощью метода наименьших квадратов были найдены параметры, определяющие структуру бифуркаций. Произведены расчеты мультипликаторов Флоке, которые позволили оценить поведение экономических ресурсов. Рассмотрены причины, повлекшие за собой возникновение перемежаемости в определенные периоды. Полученные результаты исследования указали на невозможность устойчивого развития экономики. Также в статье представлены наиболее распространенные негативные последствия и ряд нарушений в экономике из-за появления перемежаемости, приводящей к субкритической субгармонической бифуркации Неймарка — Сакера. На основании полученных результатов предложены некоторые подходы, которые могут помочь в управлении перемежаемостью. Проведенное исследование может быть полезно для разработки более точных моделей прогнозирования и планирования в экономической сфере.

**Ключевые слова:** перемежаемость, субкритическая субгармоническая бифуркация Неймарка — Сакера, суперкритическая бифуркация Андронова — Хопфа, мультипликаторы Флоке, инвестиции, трудовые ресурсы

**Для цитирования:** Кузнецов С. Б., Елисеенко А. В. Явление перемежаемости в экономике // Развитие территорий. 2024. № 1. С. 20-29. DOI: 10.32324/2412-8945-2024-1-20-29.

Information systems and processes

Original article

PHENOMENA OF INTERMITTENCY IN ECONOMICS

Sergey B. Kuznetsov<sup>1</sup>, Anatoly V. Eliseenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>1,2</sup> Siberian Institute of Management — branch of RANEPA, Novosibirsk, Russian Federation

Corresponding author: Sergey B. Kuznetsov, sbk1314@mail.ru

**Abstract.** The proposed study examines the concept of intermittency in the economic sphere and its impact on the processes of interaction between various sectors of the economy. The study of the phenomenon of intermittency represents an important contribution to understanding the dynamics of the economic system and its possible changes in the context of a rapidly changing and unstable global economic climate. The authors emphasize that understanding intermittency is necessary to develop effective resource management strategies, as well as to improve economic forecasting and planning and prevent potential crisis situations. The results of the work are based on the analysis of statistical data of the Russian Federation in the pre-crisis, crisis and post-crisis periods. One of the key problems with intermittency is its role in the transition to chaos. The purpose of the study is to determine the possibility of transition to crises in the economy through intermittency. Particular attention is paid to type III intermittency. In particular, the authors consider the possibility of modeling the entry into a crisis using the subcritical subharmonic Neumark — Saker bifurcation, as well as the supercritical Andronov — Hopf bifurcation. Numerical series of labor resources and investment volumes in the economy of the Russian Federation from 2000 to 2022 were used and analyzed in order to identify time periods during which alternating laminar and turbulent phases of economic

development occur. Based on these data, using the least squares method, the parameters that determine the structure of bifurcations were found. Calculations of Floquet multipliers were made, which made it possible to evaluate the behavior of economic resources. The reasons that led to the occurrence of intermittency in certain periods are considered. The results of the study indicated the impossibility of sustainable economic development. The article also presents the most common negative consequences and a number of violations in the economy due to the appearance of intermittency, leading to the subcritical subharmonic Neumark — Saker bifurcation. Based on the results obtained, some approaches are proposed that can help in managing intermittency. The research carried out may be useful for the development of more accurate forecasting and planning models in the economic sphere.

**Keywords:** intermittency, subcritical subharmonic Neumark — Sacker bifurcation, supercritical Andronov — Hopf bifurcation, Floquet multipliers, investments, labor resources

**For citation:** Kuznetsov S.B., Eliseenko A.V. Phenomena of Intermittency in Economics. *Territory Development*. 2024;(1):20—29. (In Russ.). DOI: 10.32324/2412-8945-2024-1-20-29.

## Введение

В современном мире экономика представляет собой сложную систему, в которой множество факторов взаимодействуют между собой, формируя мировой рынок. Однако эта сложная система, как и любая другая, подвержена различным формам динамики и изменений. Одним из наиболее интересных и актуальных аспектов такой динамики является концепция вхождения в кризис через перемежаемость.

Исследование перемежаемости в экономике является важной темой, поскольку позволяет понять динамику взаимодействия различных секторов и отраслей экономики, а также оценить их взаимное влияние на циклические процессы. Понимание перемежаемости дает возможность разрабатывать более эффективные стратегии управления ресурсами и инвестициями, а также способствует улучшению прогнозирования и планирования в экономической сфере. Перемежаемость описывает способность системы или процесса к переходам, перемещениям и изменениям внутри себя. В рамках данной статьи мы фокусируемся на изучении перемежаемости и ее воздействии на экономическую сферу.

Целью нашего исследования является определение возможности перехода к кризисам в экономике через перемежаемость. Поэтому нашей задачей будет анализ статистических данных Российской Федерации в околокризисный, кризисный и посткризисный периоды.

На протяжении последних десятилетий исследователи активно обращают внимание на изучение явления хаоса в экономических системах. Различные аспекты этого сложного и неоднозначного явления были подвергнуты анализу исследователями со множеством дисциплинарных подходов.

В работе Вильяма Брока [1] анализируется применимость теории хаоса в экономике, в частности наличие «эффекта бабочки». В. А. Брок размышляет о том, могут ли небольшие изменения начальных условий привести к значительным и непредсказуемым результатам в экономических системах.

Статья Карла Кьярелла, Сюэчжун (Тони) Хэ и Мин Чжэн [2] посвящена стохастической динамике спекулятивных цен и их потенциальному проявлению хаотического поведения. Авторы используют нелинейные модели для анализа ди-

намики цен активов и исследования роли спекулятивного поведения в волатильности цен.

Томас Люкс в работе [3] рассматривает социально-экономическую динамику спекулятивных рынков, особое внимание уделяется взаимодействию между агентами и потенциальному проявлению хаоса. Автор обсуждает, как эта динамика может привести к неравномерному распределению доходов и нестабильности рынка.

В статье Фрэнка Вестерхофф [4] исследуется роль формирования нелинейных ожиданий в создании эндогенных деловых циклов и стилизованных фактов в экономике. Автор показывает, как нелинейная динамика и теория хаоса могут объяснить наблюдаемые экономические явления.

В сборнике эссе, посвященном Джону Баркли Россеру-младшему [5], освещаются вопросы применения нелинейной динамики, теории хаоса и сложности в экономике, финансах и социальных науках. Авторы обсуждают различные аспекты хаотического поведения экономических систем.

В статье Тима Хейворда [6] исследуется взаимосвязь между теорией хаоса и экономикой, уделяется особое внимание роли институтов, традиций и практик в формировании экономических систем. Автор обсуждает, как эти факторы способствуют проявлению хаоса и нелинейной динамики.

В работе Россера Дж. Баркли [7] анализируются сложные эколого-экономические динамики и их значение для экологической политики. Автор исследует, как хаотическое поведение и нелинейная динамика экономических систем могут повлиять на экологическую устойчивость и разработку эффективной политики.

Ричард Дэй в своем двухтомном сочинении [8] обсуждает сложные экономические динамики, наблюдаемые в истории, их общий характер в экономической теории и проблемы их обнаружения в эмпирических данных. Автор подчеркивает важность нелинейных моделей и теории хаоса в понимании экономических явлений.

Следует упомянуть ряд работ, посвященных математическим моделям теории хаоса. Так, в работе Карса Хоммеса [9] исследуется использование моделей гетерогенных агентов в экономике и финансах, включая их способность отражать нелинейную динамику и хаотическое поведение. Автор обсуждает различные математические модели, учитывающие неоднородность, и их зна-

чение для понимания сложных экономических явлений.

В статье Т. Ассенза, К. Х. Хоммеса и У. А. Брока [10] рассматриваются последствия ажиотажа и премий за риск в экономических моделях, подчеркивается потенциал нелинейной динамики и хаотического поведения. Авторы используют математические модели, в том числе динамические стохастические модели общего равновесия, для анализа оптимальных правил денежно-кредитной политики при наличии этих факторов.

Работа российских авторов В. В. Матросова, В. Д. Шалфеева [11] посвящена изучению влияния различных факторов на формирование цикличности в экономической и финансовой сферах. Они применяют методы нелинейной динамики и строят математические модели, которые позволяют описать и предсказать поведение циклических процессов. Задачу построения модели экономического и финансового осцилляторов решают с использованием аналогий с системами автоматической синхронизации автогенератора с фазовым управлением и с частотным управлением.

Работы, анализирующие вхождение в хаос через перемежаемость, известны не только в физической и биологической области знаний, но и в экономике [12—17].

Перемежаемость была изучена и классифицирована по трем типам Пома и Манневиллем [18]. В этой классификации отражаются различные виды локальных бифуркаций, вызывающих потерю устойчивости предельного цикла при пересечении критического значения мультипликаторов Флоке  $\lambda$  с единичной окружностью на комплексной плоскости. Мультипликаторы Флоке являются коэффициентами затухания или усиления небольших возмущений, возникающих при периодическом развитии в течение периода  $T$ . Первый тип перемежаемости — бифуркация «седло-узел»:  $\lambda = +1$ . Второй тип — субкритическая бифуркация Андронова — Хопфа:  $\lambda_1 = \lambda_2$ ,  $|\lambda_{1,2}| = 1$ . Третий тип — суперкритическая субгармоническая бифуркация Неймарка — Сакера:  $\lambda = -1$ . Второй тип перемежаемости возникает в динамических системах, размерность фазовых пространств которых больше или равно 2, в то время как первый и третий типы перемежаемости наблюдаются в системах, обладающих одномерным фазовым пространством.

Кроме этих трех распространенных видов перемежаемости выделяют on-off перемежаемость [19], перемежаемость игольного ушка [20], перемежаемость кольца [21].

On-off перемежаемость возникает в системах с шумом, что соответствует влиянию экономических проблем других стран, не сильно связанных с изучаемой экономической системой, на объект исследования. Перемежаемость кольца и игольного ушка имеет длинные временные участки стабильного развития, что не соответствует развитию реальных экономик. В работах [21 ; 22] на примере систем с малым числом степеней свободы показано, что режим перемежаемости

игольного ушка эквивалентен режиму перемежаемости типа on-off с шумом. Перемежаемость типа on-off с шумом наступает сразу после игольного ушка.

В рамках нашего исследования мы уделяем особое внимание экономике России, которая является объектом наших научных интересов, а именно фокусируемся на изучении кризисных проявлений в российской экономике.

В научной литературе ограниченное количество работ посвящено вопросу перемежаемости, что создает проблему в изучении данного понятия в контексте экономики, в отличие от физики и биологии, где развитым является понимание перемежаемости и существует соответствующий аппарат анализа. В связи с этим необходимо развивать подходы и методы, чтобы изучить и систематизировать явление перемежаемости в экономике и его влияние на различные аспекты экономических процессов.

### **Моделирование процессов перемежаемости в экономическом развитии**

Одной из центральных проблем, связанных с перемежаемостью, является ее роль в переходе к хаосу. Хаос в экономике — это состояние, когда рынок теряет стабильность, инвестиции становятся неопределенными и экономические агенты сталкиваются с неопределенностью и рисками. Перемежаемость может быть одним из факторов, способствующих этому переходу к хаосу.

Перемежаемость в экономике отражает способность экономической системы или ее компонентов изменять свою структуру, функционирование или поведение в ответ на изменения внешних факторов, таких как технологический прогресс, рыночные требования, изменения политического регулирования и др. Это позволяет системе адаптироваться к новым условиям, приспосабливаться к изменениям внешней среды и обеспечивать эффективность и устойчивость в долгосрочной перспективе.

Низкий уровень перемежаемости может привести к жесткости и инертности экономической системы. Такая система не обладает достаточной гибкостью и способностью к перестройке, как следствие, она становится уязвимой перед изменениями внешней среды, такими как макроэкономические шоки, изменения в политике или развитие новых технологий. В условиях быстро меняющегося и нестабильного мирового экономического климата изучение и предотвращение перемежаемости становятся особенно важным для достижения устойчивого развития и предупреждения потенциальных кризисных ситуаций.

Из всего множества типов перемежаемости остановимся на третьем типе. Это связано с небольшим интервалом стабильного развития экономики и возможностью анализа одномерных статистических рядов. Проанализируем явление перемежаемости на числовых рядах трудовых ресурсов, объемах инвестиций в экономике Российской Федерации с 2000 по 2022 г. с целью

нахождения временных отрезков, на которых возникали чередующиеся ламинарные и турбулентные фазы экономического развития. Рассмотрим возможность моделирования вхождения в кризис с помощью субкритической субгармонической бифуркации Неймарка — Сакера

$$\dot{y} = -\mu y + ay^3. \quad (1)$$

Переходя к разностной схеме, получим уравнение

$$y_{n+1} = (1 - \mu)y_n + ay_n^3. \quad (2)$$

Неподвижными точками уравнения (1) являются

$$y_{01} = 0, \quad y_{02} = \sqrt{\frac{\mu}{a}}, \quad y_{03} = -\sqrt{\frac{\mu}{a}}.$$

Мультипликаторы Флоке в неподвижных точках зависят только от параметра  $\mu$ :

$$\lambda(y_{01}) = 1 - \mu, \quad \lambda(y_{02}) = \lambda(y_{03}) = 1 + 2\mu.$$

В дальнейшем будем понимать под  $y_n$  экономический показатель  $n$ -го года,  $a$  и  $\mu$  — некоторые параметры, определяющие структуру бифуркаций.

Вторым вариантом вхождения в кризис будет рассмотрение суперкритической бифуркации Андронова — Хопфа

$$\dot{y} = \mu y - ay^3. \quad (3)$$

Переходя к разностной схеме, получим уравнение

$$y_{n+1} = (1 + \mu)y_n - ay_n^3. \quad (4)$$

Неподвижными точками уравнения (3) являются

$$y_{01} = 0, \quad y_{02} = -\sqrt{\frac{\mu}{a}}, \quad y_{03} = \sqrt{\frac{\mu}{a}}.$$

Мультипликаторы Флоке в неподвижных точках зависят только от параметра  $\mu$ :

$$\lambda(y_{01}) = 1 + \mu, \quad \lambda(y_{02}) = \lambda(y_{03}) = 1 - 2\mu.$$

Для исследования экономического развития Российской Федерации 2000—2022 гг. возьмем основные показатели, показанные на сайте Росстата:  $I$  — инвестиции в основной капитал (в фактически действовавших ценах, млн руб.),  $L$  — трудовые ресурсы, численность занятых (тыс. человек).

Сначала рассмотрим относительно стабильный период развития экономики России с 2001 по 2005 г. Нормируем статистические данные относительно 2022 г. На основе этих данных построим методом наименьших квадратов (МНК) кубическую зависимость (2). Получили, что для этого периода  $a = 2,78$ ;  $\mu = 0,24$ . Первый мультипликатор Флоке  $\lambda(y_{01}) = 0,76$ , два других  $\lambda(y_{02}) = \lambda(y_{03}) = 0,52$ . Полученные мультипликаторы меньше 1, что указывает на спокойное и стабильное развитие экономики (рис. 1).

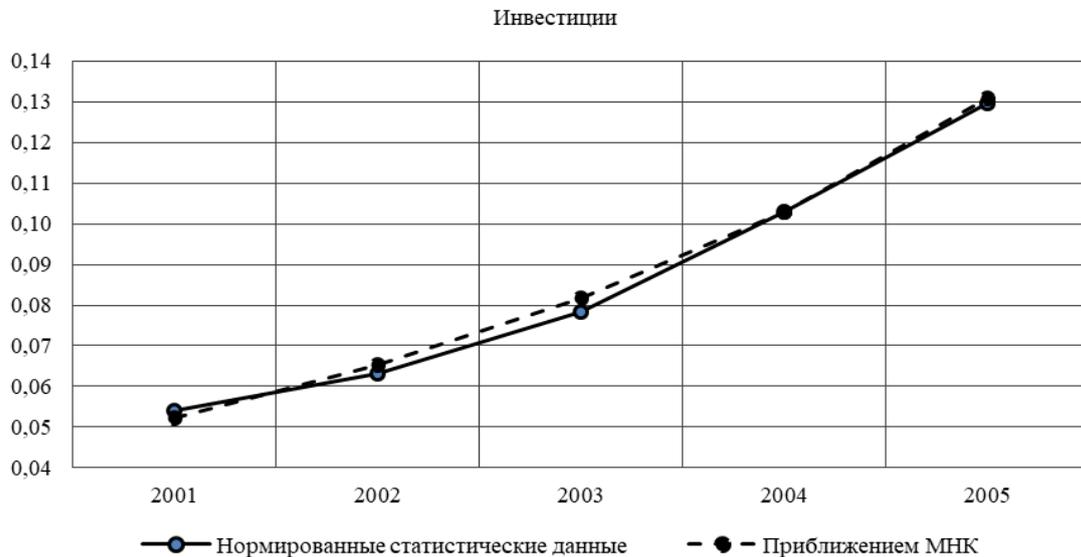


Рис. 1. Поведение инвестиций в период 2001—2005 гг.  
Behavior of investments in the period 2001—2005

МНК дал среднюю ошибку аппроксимации порядка 0,15 %.

За этот же период проводилось моделирование поведения численности трудовых ресурсов. Статистические данные нормировались относительно 2022 г. Использование МНК дало  $a = -0,04$ ;

$\mu = 0,05$ . Первый мультипликатор Флоке  $\lambda(y_{01}) = 1,05$ , два других  $\lambda(y_{02}) = \lambda(y_{03}) = 0,9$ . Первый мультипликатор указывают на не очень стабильное развитие трудовых ресурсов страны. Два других указывают на назревание проблем (рис. 2).

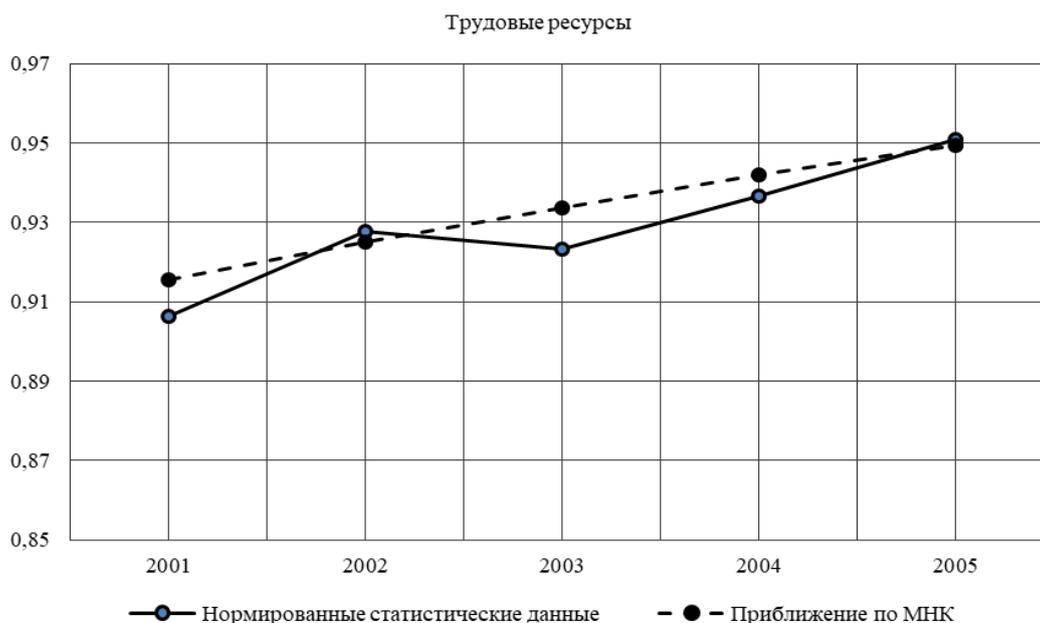


Рис. 2. Поведение трудовых ресурсов в период 2001—2005 гг.  
Behavior of labor resources in the period 2001—2005

Средняя ошибка при приближении МНК составила 1,4 %.

Приближение к точке бифуркации (мультипликаторы Флоке приближаются к 1) было обусловлено тем, что в данный период рост безработицы в Российской Федерации во многом обусловлен не проблемами, связанными с экономическим спадом, а скорее, повышением эффективности производства в результате реструктуризации экономики.

Используя метод наименьших квадратов в период 2007—2010 гг. для инвестиций, нормиро-

ванных относительно 2022 г., была получена зависимость (2) с  $a = 1,51$ ;  $\mu = 5,22$ . Первый мультипликатор Флоке  $\lambda(y_{01}) = -4,22$ , два других  $\lambda(y_{02}) = \lambda(y_{03}) = 11,44$ . Эти мультипликаторы по модулю больше 1, что указывает на вхождение экономики в хаос через перемежаемость третьего типа. Этот вид перемежаемости соответствует субкритической субгармонической бифуркации Неймарка — Сакера, в которой изменения могут происходить скачком (рис. 3).

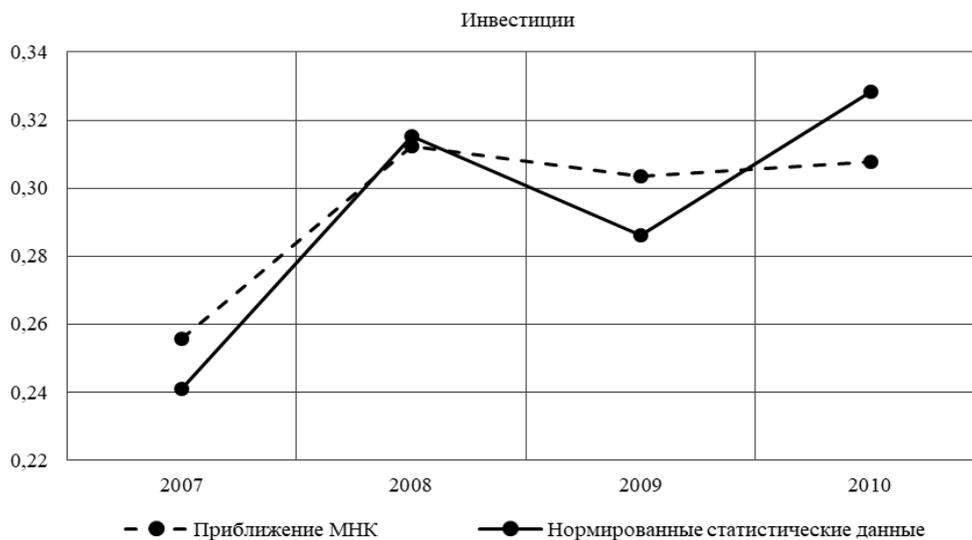


Рис. 3. Поведение инвестиций в период 2007—2010 гг.  
Behavior of investments in the period 2007—2010

Приближение методом наименьших квадратов дал среднюю ошибку аппроксимации порядка 4,8 %.

Проведем расчеты в период кризиса для трудовых ресурсов. Использование МНК позволило вычислить параметры  $a = -0,63$ ;  $\mu = 0,6$ . Параметры

указывают, что имела место суперкритическая бифуркация типа «вилка» как развитие суперкритической бифуркации Андронова — Хопфа. Первый мультипликатор Флоке больше единицы:  $\lambda(y_{01}) = 1,6$ , остальные  $\lambda(y_{02}) = \lambda(y_{03}) = -0,2$  (рис. 4).

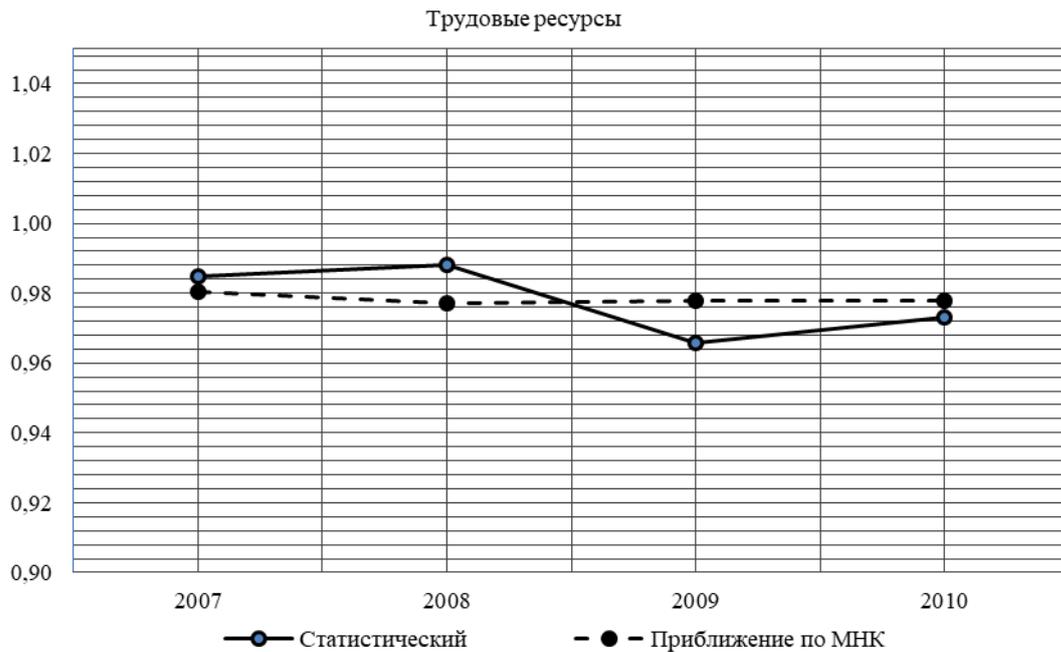


Рис. 4. Поведение трудовых ресурсов в период 2007—2010 гг.  
Behavior of labor resources in the period 2007—2010

Средняя ошибка при приближении МНК составила 1,2 %.

Возникновение бифуркации было обусловлено следующими обстоятельствами. В начале 2008 г. мировая экономика столкнулась с серьезными вызовами, которые привели к кризису, затронувшему большинство стран, включая Россию. Основными причинами кризиса 2008 г. были ипотечный кризис в США и снижение цен на нефть и металлы. Россия, как страна с ресурсной экономикой, сильно зависит от цен на эти ресурсы. В период кризиса цены на нефть и металлы резко упали, что негативно сказалось на доходах российского бюджета и экспортной выручке. В результате это привело к сокращению числа рабочих мест и массовой безработице.

Последнее исследование проведем с 2011 по 2021 г., когда экономика развивалась относительно спокойно. В результате расчетов получили, что  $a = 0,12$ ;  $\mu = -0,04$ . Первый мультипликатор Флоке  $\lambda(y_{01}) = 1,04$ , два других  $\lambda(y_{02}) = \lambda(y_{03}) = 0,92$ . Первый мультипликатор немного больше 1, два других начинают приближаться к 1. Полученные данные указывают на существование кризисных проявлений в экономике. В этом случае экономика приближается к суперкритической бифуркации типа «вилка». Изменения в экономике при прохождении такой бифуркации происходят плавно (рис. 5).

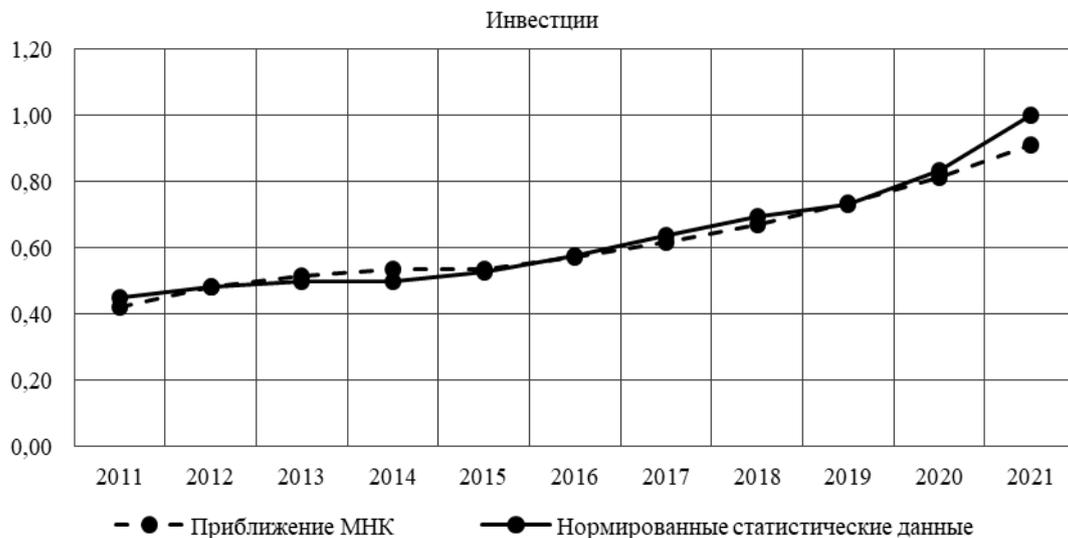


Рис. 5. Поведение инвестиций в период 2011—2021 гг.  
Behavior of investments in the period 2011—2021

При этом приближении МНК средняя ошибка аппроксимации за этот период составила 3,4 %.

Проведем анализ трудовых ресурсов в период 2011—2021 гг. Использование МНК позволило вычислить параметры  $a = -0,3$ ;  $\mu = 0,3$ . Первый мультипликатор  $\lambda(y_{01}) = 1,3$ , два других  $\lambda(y_{02}) =$

$= \lambda(y_{03}) = 0,4$ . Первый мультипликатор значительно больше единицы, два других достаточно далеки от единицы. Мультипликаторы указывают на существование суперкритической бифуркации типа «вилка» (рис. 6).

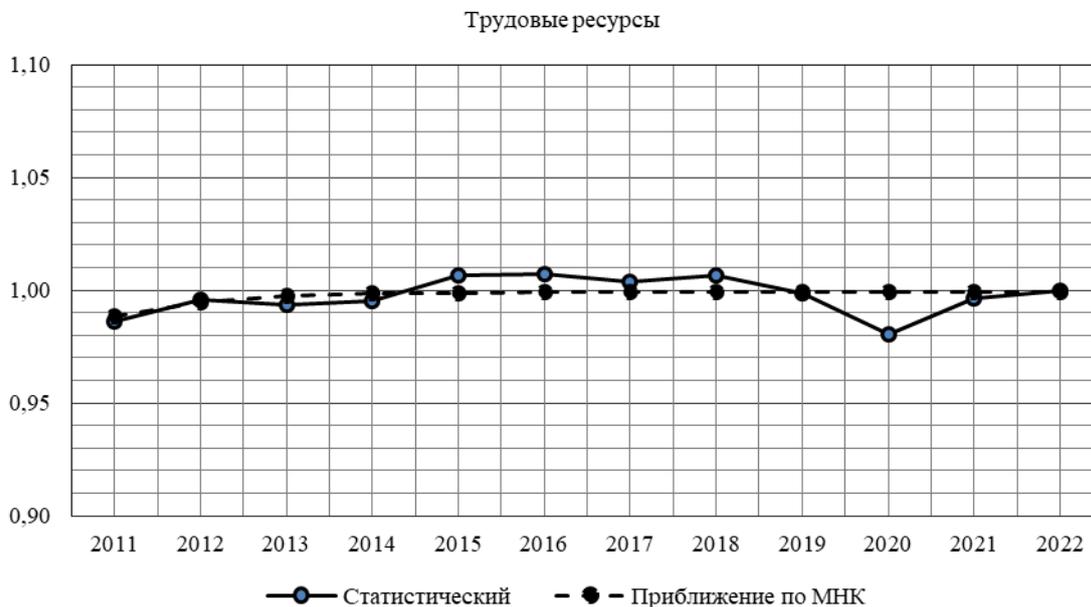


Рис. 6. Поведение трудовых ресурсов в период 2011—2021 гг.  
*Behavior of labor resources in the period 2011—2021*

Средняя ошибка погрешности приближения составила 0,7 %.

Причинами появления суперкритической бифуркации типа «вилка» в этот период являлись кризис и пандемия. Кризис 2014—2015 гг. был вызван падением мировых цен на нефть и воздействием санкций в связи с присоединением Крыма. Эта ситуация сильно ударила по российской экономике, так как значительная часть бюджета страны зависела от доходов от нефти, а топливно-энергетический сектор составлял около 70 % экспорта. Крупнейшие банки и энергетические компании России оказались отрезанными от международного финансирования и инвестиций из-за санкций. Также в 2014 г. Россию постиг демографический кризис, что негативно отразилось на занятости населения. Продолжительная пандемия коронавируса повлекла за собой экономический спад ввиду ограничений, введенных для борьбы с распространением вируса. Большинство стран испытали резкое сокращение экономической активности, сокращение производства, закрытие предприятий и потерю рабочих мест.

Отдельно проводились расчеты для трудовых ресурсов в пандемийный период с 2019—2021 гг. Первый мультипликатор Флоке  $\lambda(y_{01}) = 1,52$ , два других  $\lambda(y_{02}) = \lambda(y_{03}) = -0,04$ . Мультипликаторы показали существование суперкритической бифуркации типа «вилка». Несмотря на пандемию характер бифуркации в сравнении с расчетами 2011—2021 гг. не поменялся.

В ходе исследования, проведенного М. Балкиным и Н. Рыскиным [23], было выяснено, что раз-

витие мультистабильности обусловлено двумя основными видами бифуркаций: суперкритической бифуркацией Андронова — Хопфа и субкритической субгармонической бифуркацией Неймарка — Сакера. При изменении параметров управления неподвижная точка в фазовом пространстве проходит через повторяющиеся суперкритические бифуркации Андронова — Хопфа, что приводит к увеличению количества седловых циклов. В результате нескольких последовательных субкритических субгармонических бифуркаций Неймарка — Сакера эти циклы становятся устойчивыми. В экономике невозможно проверить данное утверждение из-за ограниченности статистических данных. Однако расчеты, проведенные с использованием инвестиций и трудовых ресурсов, подтверждают данную гипотезу. Следовательно, утверждения М. Балкина и Н. Рыскина можно рассматривать как гипотезу, описывающую развитие экономики.

### Заключение

Это еще одно исследование, указывающее на невозможность перманентного роста экономики. Экономическое развитие может быть только самоподдерживающим. Экономика постоянно находится в различных критических состояниях — жесткой или мягкой бифуркации. Отсутствие или создание условий для сдерживания возникновения бифуркаций, скорее всего, приведет к деградации экономики.

Переमेжаемость в экономике, которая приводит к субкритической субгармонической бифур-

кации Неймарка — Сакера, может вызывать ряд нарушений и различные проблемы. Вот некоторые из наиболее распространенных нарушений и последствий перемежаемости:

— Безработица. Последствия перемежаемости могут приводить к увольнениям в отраслях, которые становятся менее конкурентоспособными или автоматизированными. Это может вызывать временную или длительную безработицу среди работников, поскольку им может потребоваться время для переквалификации и поиска новой работы.

— Снижение доходов. Работники, столкнувшиеся с перемежаемостью в экономике, могут оказаться в ситуации, где новые рабочие места предлагают меньшие заработки или менее стабильные условия труда. Это может привести к снижению их общего дохода и ухудшению их жизненного уровня.

— Социальные неравенства. Явления перемежаемости в экономике могут увеличивать разрыв между работниками с необходимыми навыками и теми, кто стал непригодным для рынка труда в результате увольнения. Это может приводить к углублению социальных неравенств в обществе.

— Экономическая нестабильность. Постоянные изменения в экономике, вызванные перемежаемостью, могут создавать нестабильность и неопределенность в бизнес-среде. Это может отрицательно сказываться на инвестициях, росте экономики и финансовой устойчивости.

В целом перемежаемость может вызывать различные нарушения в экономике, влияющие на работников, бизнес и общество в целом. Однако эти нарушения также могут предоставлять возможности для инноваций, развития новых отраслей и повышения уровня жизни в долгосрочной перспективе.

Перемежаемость в экономике — это естественный процесс, который может возникать из-за различных факторов, включая изменения в техноло-

гиях, спросе, конкуренции и другие внешние воздействия. Вот некоторые подходы, которые могут помочь в управлении перемежаемостью в экономике:

— Переквалификация и обучение. Создание и поддержка программы переквалификации и обучения для работников, столкнувшихся с изменениями в их отрасли. Это может помочь им развить дополнительные навыки, необходимые для адаптации к изменяющейся экономике.

— Поддержка предпринимательства. Содействие созданию благоприятной среды для предпринимательства и инноваций. Это может включать предоставление доступа к инвестициям, поддержку инкубаторов и акселераторов, а также сокращение бюрократических барьеров.

— Социальные программы и поддержка. Обеспечение социальных программ и сетевых механизмов поддержки для работников, которые пострадали от последствий перемежаемости. Это может быть временная безработица, потеря страхования здоровья и другие негативные явления.

— Инфраструктура и инвестиции. Инвестиции в развитие физической и цифровой инфраструктуры для создания новых рабочих мест и стимулирование экономического роста. Это может включать развитие транспортной сети, энергетической инфраструктуры, а также цифровизацию и доступ к широкополосному Интернету.

— Сотрудничество между секторами. Сотрудничество между правительством, бизнесом, академическими институтами и общественными организациями. Такой подход может способствовать обмену знаниями, опытом и технологиями, способствуя более эффективному управлению перемежаемостью в экономике.

Эти подходы не являются исчерпывающим списком, и каждая страна или регион может применять индивидуальные меры в зависимости от своих особенностей.

#### Список источников

1. Brock W. A. Chaos and Economics: Does the Butterfly Effect Apply? URL: [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(91\)90006-9](https://doi.org/10.1016/0167-2681(91)90006-9).
2. *The Stochastic Dynamics of Speculative Prices* / C. Chiarella et al. URL: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:uts:rpaper:208>
3. Lux T. The Socio-Economic Dynamics of Speculative Markets: Interacting Agents, Chaos, and the Fat Tails of Return Distributions. URL: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:jeborg:v:33:y:1998:i:2:p:143-165>
4. *Westerhoff F. H. Nonlinear Expectation Formation, Endogenous Business Cycles and Stylized Facts.* URL: [https://researchgate.net/publication/24015803\\_Nonlinear\\_...](https://researchgate.net/publication/24015803_Nonlinear_...)
5. *Nonlinear Dynamics in Economics, Finance and the Social Sciences: Essays in Honour of John Barkley Rosser Jr.* / M. Faggini et al. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-04023-8>
6. *Hayward T. Chaos theory, economics and information: The implications for strategic decision-making.* URL: <https://www.researchgate.net/publication/235984049>
7. *Rosser Jr. J. B. Complex Ecologic-Economic Dynamics and Environmental Policy.* URL: <https://ssrn.com/abstract=294681> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.294681>
8. *Day R. H. Complex Economic Dynamics: Obvious in History, Generic in Theory, Elusive in Data.* URL: <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2007.01.024>.
9. *Hommes C. H. Heterogeneous Agent Models in Economics and Finance.* URL: <https://www.researchgate.net/publication/4982557>
10. *Animal Spirits, Risk Premia, and Optimal Taylor Rules.*, SSRN / T. Assenza et al. URL: <https://ssrn.com/abstract=2099350>

11. Матросов В. В., Шалфеев В. Д. Моделирование экономических и финансовых циклов: генерация и синхронизация // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2021. Т. 29, № 4. С. 515—533.
12. Структуры и хаос в нелинейных средах / Т. С. Ахромеева, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий, А. А. Самарский. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. 488 с.
13. Евстифеев Е. В., Москаленко О. И. Применение метода расчета локальных показателей Ляпунова для анализа характеристик перемежающейся обобщенной синхронизации // Проблемы информатики. 2022. № 2. С. 5—15.
14. Кузнецов С. П. Динамический хаос. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. 356 с.
15. Нгуен Т. Т., Сбоев Д. С., Ткаченко В. В. Перемежаемость в пограничном слое при повышенной внешней турбулентности // Труды МФТИ. 2020. Т. 12, № 3. С. 150—162.
16. Оморов Р. О. Модальная чувствительность, робастность и грубость динамических систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21, № 2. С. 179—189.
17. Устинов М. В. Статистическое описание перемежаемости в переходной области при низкой степени турбулентности потока // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2020. № 4. С. 11—23.
18. Pomeau Y., Manneville P. Intermittent transition to turbulence in dissipative dynamical systems // *Comm. Math. Phys.* 1980. vol. 74. P. 189—197.
19. Platt N., Spiegel E. A., Tresser C. On-off intermittency: a mechanism for bursting // *Phys. Rev. Lett.* 1993. Vol. 70, № 3. P. 279.
20. Attractorrepeller collision and eyelet intermittency at the transition to phase synchronization / A. S. Pikovsky, G. V. Osipov, M. G. Rosenblum, M. Zaks, J. Kurths // *Phys. Rev. Lett.* 1997. Vol. 79, № 1. P. 47.
21. Ring intermittency in coupled chaotic oscillators at the boundary of phase synchronization / A. E. Hramov, A. A. Koronovskii, M. K. Kurovskaya, S. Boccaletti // *Phys. Rev. Lett.* 2006. Vol. 97. 114101
22. Self-similarity in explosive synchronization of complex networks / A. A. Koronovskii, M. K. Kurovskaya, O. I. Moskalenko, A. Hramov, S. Boccaletti // *Phys. Rev. E.* 2017. Vol. 96, no. 6. P. 062312. DOI: 10.1103/PhysRevE.96.062312.
23. Балакин М. И., Рыскин Н. М. Бифуркационный механизм формирования развитой мультистабильности в осцилляторе ван дер Поля с запаздывающей обратной связью // *Нелинейная динам.*, 2017, Т. 13, № 2. С. 151—164.

#### References

1. Brock W.A. Chaos and Economics: Does the Butterfly Effect Apply? Available at: [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(91\)90006-9](https://doi.org/10.1016/0167-2681(91)90006-9).
2. Chiarella C. et al. The Stochastic Dynamics of Speculative Prices. Available at: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:uts:rpaper:208>
3. Lux T. The Socio-Economic Dynamics of Speculative Markets: Interacting Agents, Chaos, and the Fat Tails of Return Distributions. Available at: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:jeborg:v:33:y:1998:i:2:p:143-165>
4. Westerhoff F.H. Nonlinear Expectation Formation, Endogenous Business Cycles and Stylized Facts. Available at: [https://researchgate.net/publication/24015803\\_Nonlinear\\_...](https://researchgate.net/publication/24015803_Nonlinear_...)
5. Faggini M. et al. Nonlinear Dynamics in Economics, Finance and the Social Sciences: Essays in Honour of John Barkley Rosser Jr. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-04023-8>
6. Hayward T. Chaos theory, economics and information: The implications for strategic decision-making. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/235984049>
7. Rosser Jr.J. B. Complex Ecologic-Economic Dynamics and Environmental Policy. Available at: <https://ssrn.com/abstract=294681> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.294681>
8. Day R.H. Complex Economic Dynamics: Obvious in History, Generic in Theory, Elusive in Data. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2007.01.024>.
9. Hommes C.H. Heterogeneous Agent Models in Economics and Finance. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/4982557>
10. Assenza T. et al. Animal Spirits, Risk Premia, and Optimal Taylor Rules., SSRN. Available at: <https://ssrn.com/abstract=2099350>
11. Matrosov V.V., Shalfeev V.D. Modelirovanie jekonomicheskikh i finansovykh ciklov: generacija i sinhronizacija [Modeling of economic and financial cycles: generation and synchronization], *Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij. Prikladnaja nelinejnaja dinamika [News of higher educational institutions. Applied nonlinear dynamics]*, 2021, vol. 29, no. 4, pp. 515-533.
12. Ahromeeva T.S., Kurdjumov S.P., Malineckij G.G., Samarskij A.A. Struktury i haos v nelinejnyh sredah [Structures and chaos in nonlinear media]. Moscow, FIZMATLIT, 2007, 488 p.
13. Evstifeev E.V., Moskalenko O.I. Primenenie metoda rascheta lokal'nykh pokazatelej Ljapunova dlja analiza harakteristik peremezhaushhejsja obobshhennoj sinhronizacii [Application of the method of calculating local Lyapunov exponents to analyze the characteristics of intermittent generalized synchronization], *Problemy informatiki [Problems of Informatics]*, 2022, no. 2, pp. 5-15.
14. Kuznecov S.P. Dinamicheskij haos [Dynamic chaos]. Moscow, FIZMATLIT, 2001. 356 p.
15. Nguen T.T., Sboev D.S., Tkachenko V.V. Peremezhaemost' v pogranchnom sloe pri povyshennoj vneshej turbulentsnosti [Intermittency in the boundary layer with increased external turbulence], *Trudy MFTI [Proceedings of MIPT]*, 2020, vol. 12, no. 3, pp. 150-162.
16. Omorov R. O. Modal'naja chuvstvitel'nost', robnost' i grubost' dinamicheskikh sistem [Modal sensitivity, robustness and roughness of dynamic systems], *Nauchno-tehnicheskij vestnik informacionnykh tehnologij, mehaniki i optiki [Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics]*, 2021, vol. 21, no. 2, pp. 179-189.
17. Ustinov M. V. Statisticheskoe opisanie peremezhaemosti v perehodnoj oblasti pri nizkoj stepeni turbulentsnosti potoka [Statistical description of intermittency in the transition region at a low degree of flow turbulence], *Izvestija RAN. Mehanika zhidkosti i gaza [Izvestiya RAS. Fluid and gas mechanics]*, 2020, no. 4, pp. 11-23.
18. Pomeau Y., Manneville P. Intermittent transition to turbulence in dissipative dynamical systems, *Comm. Math. Phys.*, 1980, vol. 74, P. 189-197.
19. Platt N., Spiegel E.A., Tresser C. On-off intermittency: a mechanism for bursting, *Phys. Rev. Lett.*, 1993, vol. 70, no. 3, pp. 279.

20. Pikovsky A.S., Osipov G.V., Rosenblum M.G., Zaks M., Kurths J. Attractorrepeller collision and eyelet intermittency at the transition to phase synchronization, *Phys. Rev. Lett.*, 1997, vol. 79, no. 1, pp. 47.
21. Hramov A.E., Koronovskii A.A., Kurovskaya M.K., Boccaletti S. Ring intermittency in coupled chaotic oscillators at the boundary of phase synchronization, *Phys. Rev. Lett.*, 2006, vol. 97, 114101.
22. Koronovskii A.A., Kurovskaya M.K., Moskalenko O.I., Hramov A., Boccaletti S. Self-similarity in explosive synchronization of complex networks, *Phys. Rev. E.*, 2017, vol. 96, no. 6, pp. 062312. DOI: 10.1103/PhysRevE.96.062312.
23. Balakin M.I., Ryskin N.M. Bifurkatsionnyy mekhanizm formirovaniya razvitoy mul'tistabil'nosti v ostsillyatore van der Polya s zapazdyvayushchey obratnoy svyaz'yu, *Nelineynaya dinam.*, 2017, vol. 13, no. 2, pp. 151-164.

#### Информация об авторах

**Кузнецов Сергей Борисович** — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математики и естественных наук, Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИИХ», главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории устойчивого развития социально-экономических систем, Сибирский институт управления — филиал РАНХиГС, Новосибирск, Российская Федерация. E-mail: sbk1314@mail.ru

**Елисеенко Анатолий Викторович** — студент, Сибирский институт управления — филиал РАНХиГС, Новосибирск, Российская Федерация. E-mail: 2004eav@mail.ru

#### Information about the authors

**Sergey B. Kuznetsov** — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Department of Mathematics and Natural Sciences, Novosibirsk State University of Economics and Management, Chief Researcher, Research Laboratory “Sustainable Development of Socio-Economic Systems”, Siberian Institute of Management — branch of RANEPА, Novosibirsk, Russian Federation. E-mail: sbk1314@mail.ru

**Anatoly V. Eliseenko** — Student, Siberian Institute of Management — branch of RANEPА, Novosibirsk, Russian Federation. E-mail: 2004eav@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.12.2023; одобрена после рецензирования 20.01.2024; принята к публикации 30.01.2024.

The article was submitted 17.12.2023; approved after reviewing 20.01.2024; accepted for publication 30.01.2024.