

Галушкин Владимир Викторович
Московский университет «Синергия»
Моржедов Владислав Геннадьевич
Московский университет «Синергия»
Скосарева Екатерина Петровна
Московский университет «Синергия»

Динамические модели устойчивости социально-экономических систем

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и методические основы анализа динамической устойчивости социально-экономических систем в условиях нелинейных трансформаций и возрастающей неопределённости внешней среды. Обоснована необходимость перехода от статически равновесной парадигмы к динамическому представлению устойчивости как характеристики траектории развития системы. На основе синтеза теории динамических систем и экономики сформирована интегрированная концептуально-математическая модель исследования устойчивости. Предложена классификация линейных, нелинейных, стохастических и энтропийных моделей устойчивости, выявлены их аналитические возможности и ограничения. Разработана обобщённая динамическая модель, учитывающая нелинейность, лаговые эффекты и обратные связи. Сформулирована система критериев оценки устойчивости, включающая ляпуновскую, структурную, стохастическую и институциональную компоненты. Представлен алгоритм оценки динамической устойчивости социально-экономических систем и показана роль адаптационного потенциала и «мягкого» управления в предотвращении критических переходов.

Ключевые слова: динамическая устойчивость, нелинейная динамика, стохастические модели, энтропийный подход, адаптационный потенциал, обратная связь, фазовые траектории, динамическое программирование

Galushkin Vladimir Viktorovich
Moscow University «Synergy»
Morzheedov Vladislav Gennadievich
Moscow University «Synergy»
Skosareva Ekaterina Petrovna
Moscow University «Synergy»

Dynamic Models of Stability of Socio-Economic Systems

Abstract. The article discusses the theoretical and methodological foundations of the analysis of the dynamic stability of socio-economic systems in the context of nonlinear transformations and increasing uncertainty of the external environment. The necessity of transition from a static equilibrium paradigm to a dynamic representation of stability as a characteristic of the trajectory of the system development is substantiated. Based on the synthesis of the theory of dynamic systems and economics, an integrated conceptual and mathematical basis for the study of dynamic stability has been formed. A classification of linear, nonlinear, stochastic, and entropic stability models is proposed, and their analytical capabilities and limitations are identified. A generalized dynamic model has been developed that takes into account nonlinearity, lag effects, and feedbacks. A system of criteria for assessing dynamic stability is formulated, including Lyapunov, structural, stochastic and institutional components. An algorithm for assessing the dynamic stability of socio-economic

systems is presented and the role of adaptive capacity and "soft" management in preventing critical transitions is shown.

Keywords: dynamic stability, nonlinear dynamics, stochastic models, entropy approach, adaptive potential, feedback, phase trajectories, dynamic programming

В современных условиях функционирование социально-экономических систем (СЭС) характеризуется высокой изменчивостью внешней среды и постоянным ростом числа факторов, влияющих на их развитие. Как отмечают И.В. Захаров, Ю.О. Плехова и В.Я. Захаров, «потрясения и кризисные ситуации происходят все чаще и становятся все менее предсказуемыми; впервые за 30 лет внезапные шоки в 2020–2023 гг. составили большинство кризисных ситуаций» [3]. Такие шоки охватывают экономическую, технологическую и геополитическую сферы, формируя среду, в которой классические методы анализа теряют свою предсказательную силу.

Возрастающая роль нелинейности является определяющей характеристикой динамики рынков. Р. Р. Ахметов отмечает, что «финансовые рынки рассматриваются в рамках теории динамических систем как образец нелинейной системы. Предсказать поведение такой системы крайне сложно именно из-за нелинейности, сводящейся к случайным и хаотическим процессам» [1, 4]. В связи с этим традиционные подходы, опирающиеся на статические модели равновесия, демонстрируют свою ограниченность. Статически равновесная парадигма экономического анализа для изучения экономических явлений в условиях развития должна дополняться новыми исследовательскими программами, в которых изучение механизмов взаимодействия процессов позволяет оценивать внутренний динамизм явления [2, 10]. Статические конструкции оказываются релевантны действительности лишь на «очень коротком временном отрезке», в то время как долгосрочное планирование требует учета динамических свойств систем.

Несмотря на достигнутый прогресс в накоплении большого объема социально-экономических "больших данных" и наличие мощных вычислительных инструментов, в науке сохраняется противоречие. С одной стороны, существует запрос на формализацию и цифровизацию описания СЭС, поскольку гуманитарный подход не обеспечивает достаточной формализации анализа. С другой стороны, наблюдается выраженная фрагментарность существующих моделей.

Проблема заключается в том, что использование традиционных методов эконометрики, статической оптимизации, производственных функций находится в противоречии с основными допущениями и условиями их применимости в периоды нестабильности. Отсутствие интегрированной динамической модели устойчивости препятствует созданию эффективных систем управления, способных предсказывать траектории развития систем при переходе через критические точки. Таким образом, наблюдается дефицит моделей, которые могли бы объединить статические, динамические и синтетические свойства СЭС в единую аналитическую структуру.

Целью данной работы является разработка интегрированной концептуально-математической модели анализа динамической устойчивости СЭС. В основу исследования положен синтез идей институционально-эволюционного подхода и экономики сложности для формирования модели, учитывающей как внутренние механизмы адаптации, так и внешние управляющие воздействия.

В современной экономической науке трактовка устойчивости претерпела трансформацию: от классического поиска точки равновесия к анализу качественных характеристик движения системы. В рамках современных методологических подходов понятие устойчивости формулируется как «свойство инвариантности и воспроизводимости основных параметров и критериев, определяющих специфические особенности формирования экономической динамики сложной системы в условиях риска» [9].

Исследование категории устойчивости позволяет выделить следующие особенности:

1. Инвариантность параметров позволяет определить способность системы сохранять свои существенные характеристики и структуру во времени, несмотря на воздействие внешних факторов.

2. Способность к адаптации, которая рассматривается как способность системы провести изменения, которые позволят ей быстро вернуться к дошоковому состоянию без серьезных потерь.

3. R-подход отличается от традиционной «статической» устойчивости тем, что R-устойчивость понимается как способность системы сохранять свое развитие при столкновении с потрясениями.

4. Воспроизводимость параметров выражается в том, как устойчивость проявляется в точном повторении параметров технологического цикла (этапов, режимов, критических точек) на различных фазах развития СЭС.

Таким образом, устойчивость не тождественна статическому равновесию. Она представляет собой динамическую характеристику траектории, при которой система способна не только восстанавливаться после потрясений, но и продолжать существовать и развиваться.

Для моделирования СЭС необходимо опираться на процессно-системную парадигму. В её основе лежит иерархически-сетевая модель «экономическая среда – система – процесс», в которой экономическое развитие интерпретируется как эволюционная динамика, являющаяся результатом сетевых взаимодействий процессов разных уровней [10].

Внутренняя среда системы при этом формализуется через непрерывную функцию состояния $s(t)$, которая выступает как интегральная характеристика внутренней среды, объединяющая пять ее основных факторов: цель, задачи, структуру, персонал и технологии.

Математически поведение СЭС как динамической системы может быть представлено в виде системы дифференциальных уравнений:

$$X = F(X, U, E, t),$$

где X – вектор состояния системы, компонентами которого являются «параметры порядка»;

U – вектор управляющих параметров (принятие решений);

E – внешние возмущения или факторы среды.

Анализ СЭС как динамической системы позволяет выделить её свойства:

– открытость, СЭС являются неравновесными и участвуют в активном обмене ресурсами, информацией и энтропией друг с другом и с окружением;

– нелинейность, взаимодействие факторов в системе носит нелинейный характер, порождая множество траекторий развития и эффекты самоорганизации;

– наличие запаздываний (лагов), т.е. любая СЭС инерционна и обладает исторической памятью, поэтому её состояние в будущем зависит не только от текущего состояния, но и от всей предыстории ее развития.

– многоуровневость, т. к. система функционирует на основе принципа «хаос на микроуровне – порядок на макроуровне», в котором макроструктура оказывается устойчивой к дестабилизирующим воздействиям благодаря когерентному взаимодействию элементов.

С целью анализа поведения СЭС в условиях изменчивой среды требуется систематизация существующих математических подходов. На основе анализа литературы предлагается классификация моделей по характеру описываемых процессов (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация динамических моделей устойчивости СЭС

Тип модели	Математический аппарат	Критерии и индикаторы устойчивости	Область применения
Линейные	Дифференциальные и разностные уравнения, якобианы, собственные значения.	Действительные части собственных чисел матрицы Якоби; критерии Рауса-Гурвица.	Анализ малых отклонений вблизи стационарных состояний, краткосрочные прогнозы.
Нелинейные	Теория катастроф («складка», «сборка», «ласточкин хвост»), потенциальные функции, бифуркационные диаграммы.	Функционалы Ляпунова; наличие аттракторов и областей притяжения; структурная устойчивость ветвей.	Анализ скачкообразных изменений, кризисов, забастовок и банковских банкротств.
Стохастические	Уравнения Ито, уравнение Колмогорова – Фоккера – Планка, марковские цепи.	Вероятность нахождения системы в окрестности равновесия; волатильность доходности; показатели динамического хаоса.	Финансовые и фондовые рынки, системы с высокой неопределенностью и «тяжелыми хвостами».
Энтропийные	Функция энтропии (S), параметрические и критериальные паспорта, гармонический анализ.	Инвариантность и воспроизводимость параметров; пределы устойчивости ($S_{пр}^B$ и $S_{пр}^H$); баланс энтропийных потоков.	Долгосрочные государственные программы, инновационно-технологическое развитие.

Источник: составлено автором на основе [1, 2, 7, 9]

Линейный анализ выступает фундаментальным инструментом исследования динамических экономических систем, позволяя получать строгие локальные критерии поведения системы вблизи равновесного состояния. В рамках подхода устойчивость определяется через анализ собственных значений матрицы Якоби – если действительные части всех собственных чисел отрицательны, равновесие признаётся асимптотически устойчивым [6, 11].

Основное ограничение данных моделей заключается в их неспособности описывать глобальное поведение системы, т. к. они не учитывают возможность возникновения хаотических режимов и критических переходов и релевантны лишь для анализа реакций на малые локальные возмущения.

Переход к нелинейным моделям позволяет исследовать СЭС в широком спектре фазовых состояний. Как отмечают В. И. Лебедев, И. В. Лебедева и А. В. Шуваев «в динамических, связанных, нелинейных, дифференциальных уравнениях с параметрами возможны так называемые бифуркации, катастрофы, делающие их поведение непредсказуемым» [7].

В таких моделях активно применяются:

- фазовые портреты, т.е. графические отображения, позволяющие выделять аттракторы, циклы и бифуркационные переходы;
- теория катастроф, позволяет проводить анализ элементарных катастроф типа «складка», «сборка» и «ласточкин хвост». Так, например, в производственных моделях «складка» описывает скачкообразные изменения ресурсов.
- структурная неустойчивость – это ситуация, когда переход систем через критические точки сопровождается иногда неоднозначностью выбора дальнейшего поведения систем, которое характерно для финансовых кризисов и банкротств.

Учитывая, что рыночная динамика носит случайный характер, она описывается стохастическими дифференциальными уравнениями. Поэтому финансовые рынки рассматриваются в рамках теории динамических систем как типичный пример нелинейной динамической системы. Предсказать поведение такой системы крайне сложно именно из-за нелинейности, сводящейся к случайным и хаотическим процессам.

Для описания плотности распределения переходной вероятности используется уравнение Колмогорова–Фоккера–Планка. Устойчивость приобретает вероятностный характер, т. к. она характеризуется вероятностью того, что система остаётся в окрестности равновесия или возвращается к нему после возмущений. Показателем устойчивости выступает волатильность доходности, а игнорирование нелинейности в стохастических моделях может приводить к «динамическому хаосу».

Современная парадигма рассматривает экономическую динамику как многоуровневый и многоэтапный циклический неравновесный процесс. Методологическим ориентиром выступает энтропийный подход, в котором функция энтропии (S) служит мерой упорядоченности элементов системы.

В таких моделях устойчивость понимается как свойство инвариантности и воспроизводимости основных параметров и критериев в условиях риска. Основными инструментами управления становятся:

- параметрический паспорт, позволяющий фиксировать этапы (анализ, разупорядочение, структурирование) и критические точки бифуркации;
- критериальный паспорт, включающий критерии эффективности (W) и затрат (C), позволяя идентифицировать область рациональных вариантов развития.

Самоорганизация в системах проявляется через снижение энтропии в процессе адаптации, позволяя СЭС переходить на новые, устойчивые траектории развития.

Для описания эволюции СЭС в условиях постоянного воздействия внешних факторов предлагается обобщённая динамическая модель, представленная в виде системы дифференциальных уравнений:

$$\dot{X} = A(X, t)X + B(X, t)U + C(X, t)E,$$

где X – вектор состояния системы, компонентами которого выступают параметры порядка, определяющие влияние внутрисистемных и внешних факторов на изменения во времени.

В модели матрица $A(X, t)$ характеризует внутреннюю структуру системы и взаимосвязи между её элементами, которая учитывает эмерджентность и целесообразность функционирования СЭС. Матрица $B(X, t)$ описывает влияние управляемых воздействий U , обеспечивающих целевой характер поведения переходных процессов, которые приводят к желаемому аттрактору. Матрица $C(X, t)$ отражает воздействие внешних шоков E . Матрица C отражает чувствительность системы к внешним шокам, частота и непредсказуемость которых возрастает.

Интегрированная модель включает в себя специфические характеристики, необходимые для адекватного описания реальности:

1. Временные лаги, учитывающие, что состояние системы в будущий момент времени зависит не только от текущего состояния, но и от всей предыстории ее развития.

2. Нелинейные члены, т. к. модель охватывает нелинейности высокого порядка, описывающие процессы бифуркаций и хаоса в областях социально-экономических катастроф.

3. Обратные связи используются как метод стабилизации, предотвращая разрушение моделей в процессе оптимизации.

Оценка устойчивости СЭС в рамках предлагаемой модели базируется на совокупности следующих критериев:

1. На основании метода Ляпунова вводится функционал $V(X)$. Устойчивое состояние характеризуется условиями $V(X) > 0$ и $\dot{V}(X) < 0$. Убывание функции Ляпунова в окрестности стационарной точки свидетельствует о наличии минимума фазовой траектории при эволюционном движении.

2. Структурная устойчивость, т. е. способность системы сохранять качественный характер своего поведения при малых изменениях параметров. Переход через критические точки сопровождается иногда неоднозначностью выбора дальнейшего поведения систем, поэтому необходим анализ структурной устойчивости ветвей решения.

3. Робастность к шокам характеризует поглощающий потенциал системы, нацеленный на предотвращение и минимизацию потерь без существенных изменений в поведении.

4. Вероятностная устойчивость необходима для систем с высокой неопределенностью, т. к. она определяется вероятностью того, что система остаётся в окрестности равновесия или возвращается к нему после возмущений.

5. Институциональная адаптивность, при которой устойчивость обеспечивается способностью системы функционировать как сложная адаптивная система, регулируемая институциональными нормами.

Устойчивость СЭС находится в прямой зависимости от её адапционных возможностей. В исследовании О. С. Карацук и Е. С. Кравченко отмечают, что «низкая способность предприятия своевременно осуществлять адаптацию деятельности может привести к дезинтеграции существующей системы управления» [5].

Для оценки зависимости используются амплитудно-фазовые характеристики адаптации, которые математически описывают потенциал реагирования на внешние раздражители; скорость реакции, т. к. скорость получения данных прямо влияет на скорость адаптивной реакции, поэтому опоздание в принятии решений вносит вспомогательный фазовый сдвиг, негативно влияющий на устойчивость системы; частотная чувствительность позволяет системе реагировать на факторы среды со скоростью, соотносимой с частотой воздействия факторов внешней среды.

Для количественной оценки вводится коэффициент динамической адаптивности:

$$\alpha = \frac{dR}{dE},$$

где dR – изменение адаптивной реакции системы, dE – изменение интенсивности внешнего воздействия.

Коэффициент позволяет идентифицировать состояние системы как устойчивое (S), предельное (G) или неустойчивое (F), формируя информационный базис для выбора стратегии развития.

Для обеспечения жизнеспособности СЭС в условиях нелинейной динамики необходимо использование механизмов активного управления. Целью управления СЭС являются требования обеспечения такого характера поведения переходных процессов, которые приводят к желаемому аттрактору и обеспечение желаемого асимптотического, эволюционного движения в этом аттракторе.

Инструментом стабилизации СЭС выступает введение обратной связи. В рамках синергетического подхода обосновывается преимущество «мягких» моделей над «жёсткими»

(детерминированными конструкциями без адаптивных контуров). В «мягкой» модели управления ресурсами управляющие параметры сами линейно зависят от исследуемых ресурсов, обеспечивая обратную связь в системе. В этом случае исчезает неустойчивость «жёсткой» модели и появляется устойчивая к малым изменениям параметров в «мягкой» модели вблизи критических, стационарных точек [7].

Такое управление позволяет динамически менять область существования квазиравновесных состояний. Это дает возможность вводить обратную связь, стабилизирующую отклики системы, необходимую при прохождении через зоны бифуркаций, в которой система входит в область сильных флуктуаций параметров.

Традиционные методы оптимизации без учёта динамической устойчивости часто приводят к деградации системы при достижении экстремальных значений показателей. Применение метода «мягкого моделирования» позволяет избежать этой проблемы: «Ведение "мягких" моделей при имитационном планировании стабилизирует систему, которая без обратной связи разрушается при оптимизации параметров» [8].

Задача управления заключается в выборе такой стратегии, которая обеспечивает развитие без катастроф. Для этого необходимо проведение бифуркационного анализа фазовой траектории и выявление наличия неустойчивости ветвей при прохождении неустойчивых критических точек, которая позволяет корректировать управляющие воздействия до того, как система достигнет пределов своей устойчивости.

Формализация задачи управления СЭС требует определения целевой функции и поиска её экстремума. Задача управления заключается в определении оптимальной стратегии развития СЭС, формализуемой через систему целевых функций и соответствующих оптимизационных условий.

Математическая задача максимизации накопленного эффекта на временном интервале $[0, T]$ записывается в виде:

$$\max J = \int_0^T L(X, U, t) dt,$$

где $L(X, U, t)$ – функция эффективности, зависящая от вектора состояния X , управляющих параметров U и времени t .

Решение задачи осуществляется при соблюдении ограничений устойчивости, зафиксированных в параметрическом и критериальном паспортах системы.

Для нахождения оптимального решения используется метод динамического программирования. Подход гарантирует, что выбранная траектория развития будет не только эффективной, но и воспроизводимой, предотвращая переход системы в хаотические режимы или области социально-экономических катастроф.

Для практической реализации теоретических положений и интегрированной модели требуется систематизированный методический инструментарий. На основе интеграции подходов предлагается алгоритм оценки динамической устойчивости СЭС (таблица 2).

Таблица 2 – Алгоритм оценки динамической устойчивости СЭС

Этап	Наименование этапа	Содержание этапа
1	Определение вектора состояния	Выделение существенных переменных – «параметров порядка» (цель, задачи, структура, персонал, технологии).
2	Идентификация шоков	Анализ внешних детерминант; оценка их «природы, интенсивности воздействия, частоты и предсказуемости».

3	Выбор типа модели	Определение адекватной конструкции (линейной, нелинейной, стохастической) в зависимости от размерности фазового пространства.
4	Анализ устойчивости	Применение критериев Ляпунова, спектрального анализа собственных значений или методов стохастической устойчивости.
5	Построение фазовых траекторий	Графическое отображение движения системы для выделения «аттракторов, циклов и бифуркационных переходов».
6	Моделирование сценариев	Имитационные эксперименты и «процедуры Монте-Карло» для оценки поведения системы при различных параметрах среды.
7	Разработка управленческих воздействий	Формирование стратегий стабилизации через введение обратных связей и оптимизацию целевой функции.

Источник: составлено автором на основе [2, 3, 7].

На первом этапе методики необходимо сформировать вектор состояния. Под состоянием понимается интегральная характеристика внутренней среды, объединяющая пять ее основных факторов: цель, задачи, структуру, персонал и технологии. Ошибка в выборе параметров порядка на данном этапе ведет к снижению точности всех последующих расчетов.

Второй этап – идентификация шоков – требует учета того, что потрясения и кризисные ситуации происходят все чаще и становятся все менее предсказуемыми. Необходимо оценить не только прямой ущерб, но и скорость развития и масштаб воздействия. При этом следует учитывать, что скорость получения данных прямо влияет на скорость адаптивной реакции предприятия, а опоздание в принятии решений приводит к переходу системы в полностью неустойчивое состояние.

Аналитическая часть методики (этапы 3–5) опирается на математический анализ. Если действительные части всех собственных чисел отрицательны, то равновесие признаётся локально асимптотически устойчивым. Однако для оценки необходимо построение фазовых портретов, которые позволяют выделять основные элементы динамической структуры: устойчивые и неустойчивые множества, аттракторы и циклы.

Заключительные этапы моделирования сценариев и разработки воздействий базируются на принципах «мягкого моделирования». Это важно, т. к. ведение «мягких» моделей при имитационном планировании стабилизирует систему, которая без обратной связи разрушается при оптимизации параметров. Таким образом, предложенная методика позволяет идентифицировать текущий уровень устойчивости (S , G или F) и сформировать информационный базис для выбора оптимальной стратегии развития, предотвращающей катастрофические сценарии.

Проведённое исследование позволяет сформулировать ряд теоретических и практических выводов, определяющих основу анализа устойчивости СЭС

1. Устойчивость как динамическая характеристика траектории. В ходе работы обосновано, что традиционная статически равновесная парадигма экономического анализа должна дополняться новыми исследовательскими программами. Устойчивость более не может рассматриваться как статическое равновесие. Согласно классическим представлениям, устойчивым является не равновесие рынка, а тенденция найти положение равновесия, если последнее нарушено. Таким образом, устойчивость СЭС – это динамическое свойство, обеспечивающее способность системы сохранять свое развитие при столкновении с потрясениями, в котором само развитие интерпретируется как движение по определённой фазовой траектории.

2. Вероятностная природа устойчивости в нелинейных и стохастических средах. Рост роли нелинейности и случайных факторов в рыночной среде меняет характер описания

систем. Финансовые рынки рассматриваются в рамках теории динамических систем как образец нелинейной системы. Высокая степень нелинейности затрудняет прогнозирование динамики системы. В этих условиях понятие устойчивости расширяется на стохастическую устойчивость, характеризуемую вероятностью того, что система остаётся в окрестности равновесия или возвращается к нему после возмущений. Следовательно, оценка устойчивости должна опираться на вероятностные модели, учитывающие возможность возникновения «детерминированного хаоса» и бифуркационных переходов.

3. Роль системной обратной связи в управлении устойчивостью. Эффективное управление СЭС требует перехода от «жёстких» детерминированных моделей к адаптивным механизмам. Доказано, что введение «мягких» моделей при имитационном планировании стабилизирует систему, которая без обратной связи разрушается при оптимизации параметров. Системная обратная связь позволяет предотвратить потерю устойчивости при достижении критических точек. При этом задача управления заключается в выборе оптимальной стратегии, которая описывается целевыми функциями и их оптимумами на основе принципа Беллмана.

4. Синтез энтропийного и адаптационного подходов. Динамический анализ СЭС дополняется теорией самоорганизации и концепцией адаптивного потенциала. Энтропия рассматривается как мера упорядоченности (неупорядоченности) программных элементов, позволяя фиксировать фазовые переходы системы. Параллельно с этим, адаптация рассматривается как фактор ресурсной и структурной перестройки процессов развития. Интеграция этих подходов позволяет выделить три уровня потенциала СЭС: поглощающий потенциал (стабильность), адаптационный потенциал (гибкость) и трансформационный потенциал (изменения). Такой взгляд обеспечивает свойство инвариантности и воспроизводимости основных параметров и критериев развития СЭС даже в условиях высоких рисков и неопределённости.

В совокупности представленные выводы формируют теоретический фундамент для разработки надежных методов измерения и прогнозирования устойчивости СЭС, способствуя переходу к более качественным стратегиям управления в условиях глобальных трансформаций.

Список источников

1. Ахметов Р. Р. Проблемы моделирования устойчивости финансового рынка как динамической системы / Р. Р. Ахметов // *Финансы и кредит*. – 2023. – Т. 29, № 1(829). – С. 4-20.
2. Донев Д. Д. Исследование устойчивости процессов в динамических моделях экономики / Д. Д. Донев, О. Н. Шевцова, Д. М. Шефер // *Университетская наука*. – 2025. – № 2(20). – С. 96-99.
3. Захаров И. В. Устойчивость экономических систем: общее в концептуальных подходах / И. В. Захаров, Ю. О. Плехова, В. Я. Захаров // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*. – 2025. – № 2(78). – С. 37-47.
4. Исследование динамической модели экономического равновесия в монетарной экономике / И. В. Зайцева, Р. В. Крон, М. Г. Казначеева, М. М. Исакова // *Reports Scientific Society*. – 2025. – № 5(61). – С. 44-48.
5. Карашук О. С. Моделирование динамической системы устойчивого развития предприятия / О. С. Карашук, Е. С. Кравченко // *Стратегия предприятия в контексте повышения его конкурентоспособности*. – 2022. – № 11. – С. 39-44.
6. Крылов В. Е. Моделирование внутренней среды социально-экономической системы с помощью функции состояния / В. Е. Крылов // *Наука Красноярья*. – 2022. – Т. 11, № 3-2. – С. 74-79.
7. Лебедев В. И. Синергетические модели динамических социально-экономических систем / В. И. Лебедев, И. В. Лебедева, А. В. Шуваев // *Фундаментальные исследования*. – 2021. – № 3. – С. 72-77.

8. Лебедев В. И. Управление развитием в моделях динамических социально-экономических систем / В. И. Лебедев // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 2. – С. 77-82.

9. Леонов А. В. Методология анализа экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ / А. В. Леонов, А. Ю. Пронин // Экономический анализ: теория и практика. – 2023. – Т. 22, № 4(535). – С. 620-645.

10. Поддубная О. Н. Процессно-системный подход в исследовании социально-экономических систем: от концепций к моделям / О. Н. Поддубная // Белорусский экономический журнал. – 2021. – № 3(96). – С. 70-82.

11. Чернецова Н. С. Устойчивое развитие экономических систем как функция системы экономических интересов / Н. С. Чернецова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 4(52). – С. 39-52.

Сведения об авторах

Галушкин Владимир Викторович, старший преподаватель департамента математики, Университет Синергия, Москва, Россия.

Моржедов Владислав Геннадьевич, старший преподаватель кафедры Фундаментальных юридических и социально-гуманитарных дисциплин, Университет Синергия, Москва, Россия.

Скосарева Екатерина Петровна, старший преподаватель департамента математики, Университет Синергия, Москва, Россия.

Information about the author

Galushkin Vladimir Viktorovich, Senior Lecturer, Department of Mathematics, Synergy University, Moscow, Russia.

Morzheedov Vladislav Gennadievich, Senior Lecturer at the Department of Fundamental Legal and Social Sciences and Humanities, Synergy University, Moscow, Russia.

Skosareva Ekaterina Petrovna, Senior Lecturer, Department of Mathematics, Synergy University, Moscow, Russia.