Научная статья

https://doi.org/10.54220/v.rsue.1991-0533.2026.93.1.005
УДК 519.8; 339.5

ДИАГНОСТИКА РЕЖИМОВ ТАМОЖЕННОЙ СИСТЕМЫ: МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ

***Стрельцова Е. Д.*[1], *Яковенко И. В.*[2]*, *Колесникова Е. В.*[2], *Титов А. Ю.*[3]**

[1] *Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Россия*

[2] *Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУБелГУ), Белгород, Россия*

[3] *ООО «Радиус», Белгород, Россия*

***** *iranyak@mail.ru*

Аннотация. *Введение.* Актуальность исследования вызвана противоречием между двумя глобальными трендами: ростом объемов международной торговли и ужесточением таможенного контроля. Для предотвращения сбоев в этой системе необходимы научно обоснованные методы управления. Ключевой задачей становится разработка моделей прогнозирования и оптимизации времени простоя грузов, основанных на анализе взаимосвязи между строгостью контрольных процедур и пропускной способностью таможенных пунктов. Решение этой задачи позволит найти баланс между безопасностью и эффективностью, а также создаст основу для автоматизации процессов, что в итоге повысит конкурентоспособность национальной экономики. *Материалы и методы.* В статье представлен инновационный подход к анализу деятельности таможенной службы как сложной динамической системы. Используя аппарат нелинейной динамики, в частности логистическое отображение, авторы разрабатывают модель, связывающую уровень жесткости таможенного контроля со временем простоя грузов. Исследование демонстрирует, что поведение системы при варьировании интенсивности контроля аналогично смене режимов в логистическом отображении. При низких значениях система стабильна, но несет риски. С ростом контроля возникают циклические колебания эффективности, а при чрезмерной жесткости – хаотический режим с непредсказуемыми задержками. Представленная работа предлагает теоретическую основу для прогнозирования и оптимизации таможенных процессов через управление ключевым параметром – индексом жесткости, позволяя находить баланс между безопасностью и скоростью товаропотоков. *Результаты исследования.* Практическая значимость работы заключается в разработке модельного инструментария, позволяющего давать научно обоснованные рекомендации по оптимизации контроля и предотвращению коллапсов системы. *Обсуждение и заключение.* На основе логистического отображения создана модель, выявляющая сложную динамику таможенной системы. Построена диаграмма Фейгенбаума, показавшая критические точки смены режимов (стабильный → периодический → хаотический) в зависимости от жесткости контроля. Результаты закладывают основу для проактивного управления таможенными процессами.

Ключевые слова: математическая модель, таможенная служба, динамическая система, логистическое отображение.

Для цитирования: Стрельцова Е. Д., Колесникова Е. В., Яковенко И. В., Титов А. Ю. Диагностика режимов таможенной системы: математическая модель на основе логистического отображения. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ).* 2026;1(33):55-64. DOI 10.54220/v.rsue.1991-0533.2026.93.1.005.

Research article

JEL C63, F13, L32

DIAGNOSTICS OF CUSTOMS SYSTEM REGIMES: A MATHEMATICAL MODEL BASED ON LOGISTIC MAPPING

***Streltsova E.*[1], *Yakovenko I.*[2]*, *Kolesnikova E.*[2], *Titov A.*[3]**
[1] *South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. Platov, Novocherkassk, Russia*
[2] *Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia*
[3] *LLC «Radius», Belgorod, Russia*
* *iranyak@mail.ru*

Abstract. *Introduction.* The relevance of the study is driven by the contradiction between two global trends: the growth in international trade volumes and the tightening of customs control. To prevent failures in this system, scientifically grounded management methods are required. A key task is the development of models for forecasting and optimizing cargo downtime, based on analyzing the relationship between the strictness of control procedures and the throughput capacity of customs checkpoints. Solving this task will enable finding a balance between security and efficiency, as well as create a foundation for process automation, ultimately enhancing the competitiveness of the national economy. *Materials and methods.* The article presents an innovative approach to analyzing the activities of a customs service as a complex dynamic system. Using the tools of nonlinear dynamics, in particular logistic mapping, the authors develop a model linking the level of customs control strictness with cargo downtime. The study demonstrates that the system's behavior when varying the intensity of control is analogous to the switching of regimes in logistic mapping. At low values, the system is stable but carries risks. With an increase in control, cyclical fluctuations in efficiency occur, and with excessive strictness, a chaotic regime with unpredictable delays emerges. The presented work provides a theoretical basis for forecasting and optimizing customs processes by managing the key parameter – the strictness index – allowing for a balance between security and the speed of goods flow. *Research results.* The practical significance of the work lies in the development of a modeling toolkit that allows for scientifically grounded recommendations on optimizing control and preventing system collapse. *Discussion and conclusion.* A model based on logistic mapping has been created, revealing the complex dynamics of the customs system. A Feigenbaum diagram was constructed, showing critical points of regime change (stable → periodic → chaotic) depending on the strictness of control. The results lay the foundation for proactive management of customs processes.

Keywords: mathematical model, customs service, dynamic system, logistic mapping, nonlinear dynamics.

For citation: Streltsova E., Kolesnikova E., Yakovenko I., Titov A. Diagnostics of Customs System Regimes: a Mathematical Model Based on Logistic Mapping. *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH).* 2026;1(33):55-64. DOI: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2026.93.1.005.

Введение

В условиях современного развития международной торговли и необходимости обеспечения национальной безопасности эффективность деятельности таможенной службы приобретает особенно важное значение. Одним из ключевых аспектов ее функционирования является регулирование простоя грузов, который напрямую зависит от интенсивности проводимых таможенных процедур и контроля. Совершенствование управления этим процессом способствует повышению конкурентоспособности страны на международной арене. В связи с этим актуальной задачей является разработка моделей, позволяющих прогнозировать и оптимизировать время простоя грузов в зависимости от уровня контроля, что, в свою очередь, требует углубленного анализа взаимодействия между контролирующими процедурами и пропускной способностью таможенных пунктов. Реализация этой задачи обусловлена необходимостью балансировки между обеспечением и минимизацией задержек, а также потребностью в автоматизации и цифровизации таможенных процессов для повышения их эффективности. В современных условиях внешних воздействий, таких как кризисы, изменение регуляторных требований и технологические инновации, важно иметь инструменты для быстрого моделирования различных сценариев и оценки их влияния на процессы таможенного контроля.

Целью данной статьи является создание математической модели, воспроизводящей различные сценарии деятельности таможенной службы с учетом изменения времени простоя грузов в зависимости от интенсивности контроля, а также исследование факторов, оказывающих влияние на этот процесс.

Таможенная служба рассматривается как сложная открытая, диссипативная, нелинейная, неравновесная динамическая система. Исходя из парадигмы системного подхода, требующей учета перечисленных особенностей, традиционные методы моделирования таможенных систем, основанные на линейных и статистических моделях, не способны полноценно отражать их сложную динамическую природу. Такие методы зачастую игнорируют взаимодействия между компонентами системы, нелинейные эффекты и пороговые явления, которые являются ключевыми для понимания поведения системы в условиях неравновесия. Поэтому для адекватного описания и прогнозирования динамики таможенной системы необходимо применять методы нелинейной динамики, которые позволяют учитывать сложные взаимодействия, переходные режимы и появление новых устойчивых состояний, что обеспечивает более точное управление и повышение устойчивости системы в условиях постоянных изменений внешней среды.

С целью определения и подтверждения актуальности методологического подхода, используемого в данном исследовании, авторами статьи проведен анализ литературных источников, посвященных этой тематике. Так, в работах [1, 2, 3] поднимаются общие вопросы повышения качества и таможенного администрирования, формирования стратегий развития в государственных структурах, что влечет за собой необходимость поиска новых подходов. Эффективность применения для этих целей именно математических методов и моделей обосновывается в исследованиях [4]. В статье [5] предложено применение теории массового обслуживания для моделирования таможенных операций. К анализу временных характеристик таможенного контроля применен детерминированный подход, а также использованы статистические характеристики оценки эффективности таможенных процессов. В статье [6] поставлен акцент на практико-ориентированное обучение через имитационное моделирование. Предлагая классический подход к формализации таможенных процессов, авторы статьи [6] ограничиваются линейными моделями, не учитывающими нелинейные эффекты и бифуркационное поведение систем.

Методы автоматизированного синтеза имитационных моделей, являющиеся перспективными для создания моделей сложных систем, предложены в работе [7]. Применению системного подхода при анализе сложных экономических систем посвящены исследования [8]. Нечеткологические модели оценки сложных системных свойств динамических систем, включая таможенные службы, построены и описаны в [9, 10]. Проведенный анализ позволяет выделить современные тенденции моделирования таможенных систем, заключающиеся в применение междисциплинарных подходов. Таким образом, анализ литературы подтверждает актуальность исследований в контексте моделирования сложного поведения таможенных систем и необходимость разработки новых методологических подходов. Настоящее исследование заполняет методологический пробел, предлагая новый подход к моделированию и прогнозированию поведения таможенных систем на основе методов нелинейной динамики.

Материалы и методы

В этом разделе исследований решается задача моделирования деятельности таможенной службы в аспекте регулирования грузовых потоков в случае использования индекса жесткости контроля C как безразмерной скалярной величины, принимающей значения в следующих пределах: $C \in [0.1, 0.9]$. Задача формулируется следующим образом: найти функциональную зависимость величины простоя T грузов на таможне от индекса жесткости контроля C: $T = f(C)$, которая отображает поведение таможенной службы как сложной динамической системы, с особенностями открытости, диссипативности, нелинейности, неравновесности. Сложность динамической системы с точки зрения свойств открытости, диссипативности, нелинейности и неравновесности заключается в наличии различных режимов ее функционирования: при низких уровнях таможенного контроля система сохраняет стабильное состояние, тогда как при увеличении интенсивности контроля и прохождении пороговых значений происходят переходы в иные качественные состояния. В связи с этим через концепцию динамических систем и их режимов функционирования можно провести аналогию между поведением системы таможенной службы (в плане регулирования простоев грузов) и изменением режимов логистического отображения. В системе таможенного контроля, как и в логистическом отображении, существуют различные режимы, например, минимальные задержки при эффективной работе службы и значительные простои при возникновении бюрократических или технических препятствий. Эти режимы соответствуют стабильным состояниям системы, когда процессы происходят без существенных задержек, и переходам в другие состояния, вызванным увеличением нагрузки, изменением правил или внешних факторов, что ведет к увеличению простоев. В стабильном режиме функционирования таможенной службы при относительно небольшой интенсивности контроля система выходит на предсказуемое значение эффективности. Несмотря на то что в этом режиме пропускная способность грузов высока, возникают риски, связанные с нарушением законодательства. Таким образом, путем сравнения стабильного режима деятельности таможенной службы с равновесным режимом логистического отображения можно сделать заключение о сходимости ее состояния к фиксированной точке. С увеличением интенсивности контроля грузовых потоков на таможенной службе происходит качественное изменение режимов в точках бифуркации, и ее состояние как динамической системы начинает колебаться между периодами высокой и низкой эффективности. Аналогично логистическому отображению это приводит к режимам удвоения периода, циклическим колебаниям. При очень высоких значениях интенсивности контроля эффективность пропуска становится непредсказуемой. Малые изменения в количестве поданных деклараций или их сложности

приводят к резким скачкам времени простоя грузов, система управляется хаотично (аналог хаотическому режиму логистического отображения), и предсказать эффективность на длительный срок невозможно.

Подобно тому, как изменение режима логистического отображения зависит от параметров системы и внешних условий, деятельность таможенной службы регулируется внутренними и внешними факторами, вызывающими переходы между различными режимами работы. Таким образом, динамику и регулирование простоев грузов можно интерпретировать как переходы системы между устойчивыми режимами, что отражает общие закономерности поведения динамических систем.

Логистическое отображение, применяемое для моделирования указанной деятельности таможенной службы, задается уравнением [5]:

$$x_{n+1} = r \cdot x_n \cdot (1 - x_n), \qquad (1)$$

где x_n – переменная, представляющая состояние системы в момент n, $x_n \in [0,1]$;

r – параметр, управляющий поведением системы, $r \in [0,4]$.

В решаемой задаче моделирования таможенных процессов управляющий параметр r логистического отображения связывается с жесткостью контроля (индекс жесткости) C: $C \in [C_{\min}, C_{\max}] = [0.1 - 0.9]$, переменная состояния x_n – с временем простоя T: $T \in [T_{\min}, T_{\max}] = [2, 48]$ часов.

В качестве исходных данных рассматриваются два временных ряда:

$T = (t_1, t_2 \ldots, t_n)$ – время простоя грузов;

$C = (c_1, c_2 \ldots, c_n)$ – жесткость контроля.

Значения $t_i \in T$, $c_i \in C$, $i = \overline{1,n}$ генерируются по равномерному закону распределения в своих диапазонах. Если отображать значения $t_i \in T$ и $c_i \in C$ на параметры логистического отображения $x_{n+1} = r \cdot x_n \cdot (1 - x_n)$, то следует учесть, что управляющая переменная r и переменная состояния x_n изменяются в других диапазонах: $r \in [r_{\min}, r_{\max}] = [2.5, 4]$, $x_n \in [0,1]$. Поэтому в задаче моделирования для сопоставления реальных значений жесткости контроля $c_i \in C$ с значениями управляющего параметра $r_i \in [r_{\min}, r_{\max}] = [2.5, 4]$ и реальных значений времени простоя $t_i \in T$ с значениями состояния $x_n \in [0,1]$ логистического отображения проведено линейное масштабирование. При этом преобразование реальных значений жесткости контроля $c_i \in C$ в значения управляющего параметра r_i логистического отображения осуществляется в соответствии с выражением:

$$r_i = r_{\min} + (c_i - c_{\min}) \cdot \frac{r_{\max} - r_{\min}}{c_{\max} - c_{\min}}, \qquad (2)$$

где $r_{\min} = 2.5$; $r_{\max} = 4$; $C_{\min} = 0.1$; $C_{\max} = 0.9$.

Реальное время простоя $t_i \in T$ таможенных грузов отображается на величину состояния $x_i \in [0,1]$ логистического отображения в соответствии с аналитическим выражением:

$$x_i = \frac{T_i - T\min}{T_{\max} - T_{\min}}, \qquad (3)$$

где $T_{\min} = 2$; $T_{\max} = 48$ – диапазон времени простоя.

Значения параметра $r \in [2.5, 4]$ логистического отображения $x_{n+1} = r \cdot x_n \cdot (1 - x_n)$, используемого для моделирования деятельности таможенной службы, охватывают все интересующие динамические режимы:

– стабильный режим при $r < 3$;

– режим периодических колебаний (период-2) при $3 \le r < 3.44949$;

– режим периодических колебаний (период-4) при $3.44949 \le r < 3.54409$;

– хаотический режим при $r > 3.56995$.

Точки $r = 3$, $r = 3.44949$, $r = 3.54409$, $r = 3.56995$ рассматриваются как точки бифуркации таможенной системы в динамической системе, т. е. критические значения параметра управления, при которых происходят качественные изменения ее

поведения. В контексте таможенной службы это значения величины жесткости контроля, при которых система переходит от одного режима работы к другому. Но оценка поведения таможенной службы как динамической системы производится не по безразмерным величинам r и x_n логистического отображения, а по величинам жесткости контроля C и времени простоя T, измеряемых в реальных единицах. Это потребовало перехода:

– от величины управляющего параметра r логистического преобразования к реальному значению жесткости c_i в соответствии с аналитическим выражением:

$$c_i = C_{\min} + (r_i - r_{\min})\frac{C_{\max} - C_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}; \quad (4)$$

– от переменной состояния x_i логистического отображения к реальному времени простоя T_i:

$$T_i = T_{\min} + x_i \cdot (T_{\max} - T_{\min}). \quad (5)$$

При этом точки бифуркации в реальных единицах измерения определяются в соответствии с аналитическим выражением:

$$C_{bif\,i} = C_{\min} + (r_{bif\,i} - r_{\min})\frac{C_{\max} - C_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}, \quad (6)$$

где $C_{bif\ i}$ – значение индекса жесткости контроля в реальных единицах измерения в точках бифуркации;

$r_{bif\,i}$ – значение параметра логистического отображения в точках бифуркации;

$C_{\min}$ – минимальное значение жесткости контроля;

$C_{\max}$ – максимальное значение жесткости контроля;

$r_{\min}$ – минимальное значение управляющего параметра логистического отображения;

$r_{\max}$ – максимальное значение управляющего параметра логистического отображения.

Значение времени простоя в реальных единицах определяется как:

$$T_{bif\,i} = T_{\min} + x_{bif\,i} \cdot (T_{\max} - T_{\min}), \quad (7)$$

где $T_{bif\,i}$ – значение среднего времени простоя грузов в точках бифуркации в реальных единицах;

$T_{\max}$ – максимальное значение среднего времени простоя грузов;

$T_{\min}$ – минимальное значение среднего времени простоя грузов;

$x_{bif\,i}$ – значение состояния логистического отображения в точках бифуркации.

При r < 3 состояние x_n логистического отображения, измеряемое в нормированных единицах, отображается в одну устойчивую неподвижную точку, определяемую как $x^* = 1 - \frac{1}{r}$. В этом режиме функционирования система управления таможенной деятельностью демонстрирует предсказуемый и однозначный отклик. Несмотря на то что зависимость $T(C)$ является непрерывной и гладкой (хотя и нелинейной), каждому значению жесткости контроля C соответствует одно значение времени простоя T. При $r = 3$ неподвижная точка $x^* = 1 - \frac{1}{r}$ теряет устойчивость, и рождается цикл удвоения периода – период-2.

В предложенной модели точка бифуркации C_{bif1} начала периода-2 определяется как:

$$C_{bif1} = C_{\min} + (r_{bif1} - r_{\min})\frac{C_{\max} - C_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}, \quad (8)$$

где $r_{bif1} = 3$.

Значение среднего времени простоя T_{bif1} начала периода-2 определяется, как

$$T_{bif\,1} = T_{\min} + x_{bif\,1}(T_{\max} - T_{\min}), \quad (9)$$

где T_{bif1} – значение среднего времени простоя грузов в точках бифуркации в реальных единицах;

$T_{\max}$ – максимальное значение среднего времени простоя грузов;

$T_{\min}$ – минимальное значение среднего времени простоя грузов;

x_{bif1} – значение состояния логистического отображения в точках.

При $r > 3$ становится устойчивым цикл периода-2, а неподвижная точка $x^* = 1 - \frac{1}{r}$ становится неустойчивой.

При $r = 3.44949$ цикл периода-2 становится неустойчивым, и рождается цикл периода-4.

Точка бифуркации C_{bif2} начала периода-4 определяется как:

$$C_{bif\,2} = C_{\min} + (r_{bif\,2} - r_{\min})\frac{C_{\max} - C_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}, \quad (10)$$

где $r_{bif2} = 3.44949$.

При $r = 3.54409$ цикл периода-4 теряет устойчивость, и рождается цикл периода-8.

Точка бифуркации C_{bif3} начала периода-8 определяется как:

$$C_{bif\,3} = C_{\min} + (r_{bif\,3} - r_{\min})\frac{C_{\max} - C_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}, \quad (11)$$

где $r_{bif3} = 3.54409$.

Значение среднего времени простоя T_{bif3} начала периода-8 определяется, как:

$$T_{bif\,3} = T_{\min} + x_{bif\,3}(T_{\max} - T_{\min}). \quad (12)$$

Далее следует каскад бифуркаций удвоения периода, который сходится к $r \approx 3.56995$ (точка Фейгенбаума).

При $r = 3.56995$ система становится хаотической, но в хаотической области есть окна периодичности (например, при $r = 3.83$ есть окно периода-3).

Точка бифуркации C_{bif4} начала хаоса определяется как:

$$C_{bif\,4} = C_{\min} + (r_{bif\,4} - r_{\min})\frac{C_{\max} - C_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}, \quad (13)$$

где $r_{bif4} = 3.56995$.

Значение среднего времени простоя T_{bif4} начала периода-8 определяется как:

$$T_{bif\,4} = T_{\min} + x_{bif\,4}(T_{\max} - T_{\min}). \quad (14)$$

Полный хаос достигается при значении индекса жесткости контроля C_{bif5}:

$$C_{bif\,5} = C_{\min} + (r_{bif\,5} - r_{\min})\frac{C_{\max} - C_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}, \quad (15)$$

где $r_{bif5} = 3.56996$.

Значение среднего времени простоя T_{bif3} при полном хаосе определяется как:

$$T_{bif\,5} = T_{\min} + x_{bif\,5}(T_{\max} - T_{\min}). \quad (16)$$

В предложенной модели реализации сценариев деятельности таможенной службы в плане регулирования грузопотоков описанные и определяемые в соответствии с аналитическими выражениями точки бифуркации соответствуют критическим значениям жесткости контроля, при которых происходят качественные изменения в поведении реальной системы.

Результаты исследования

Построенная модель $T = f(C)$, основанная на логистическом отображении $x_{i+1} = r \cdot x_i \cdot (1 - x_i)$ и реализованная в программном продукте CUSTOMS позволяет проводить анализ зависимости времени простоя грузов от жесткости их таможенного контроля. Модель позволяет выявить различные режимы работы таможенной системы, включая стабильный, периодических и апериодических колебаний, а также определить критические точки бифуркаций. В модели $T = f(C)$ диапазон изменений величины изменений индекса жесткости таможенного контроля выбран $C \in [0.1, 0.9]$, а диапазон изменений величины времени простоя – $T \in [2, 48]$ часов.

Для наглядной демонстрации зависимости $T = f(C)$ программа CUSTOMS строит диаграмму Фейгенбаума (рис. 1). На диаграмме по оси абсцисс отображены как исходные значения индекса жесткости таможенного контроля C в реальных единицах (нижняя ось), так и его масштабированные показатели r (верхняя ось), что обеспечивает наглядное сравнение и анализ различных вариантов. По оси ординат на диаграмме отображается время простоя груза T в реальных единицах (левая ось), а также его нормализованные значения x_i (правая ось), что позволяет удобно сравнивать фактические показатели с их масштабированными аналогами. Вертикальные прямые диаграммы наглядно демонстрируют точки бифуркации.

Математическая модель $T = f(C)$, реализованная в программном продукте CUSTOMS, определяет точки бифуркации в реальных единицах:

$r = 3.000 \rightarrow C = 0.367$ (начало периода-2);

$r = 3.449 \rightarrow C = 0.606$ (начало периода-4);

$r = 3.544 \rightarrow C = 0.657$ (начало периода-8);

$r = 3.569 \rightarrow C = 0.670$ (хаоса).

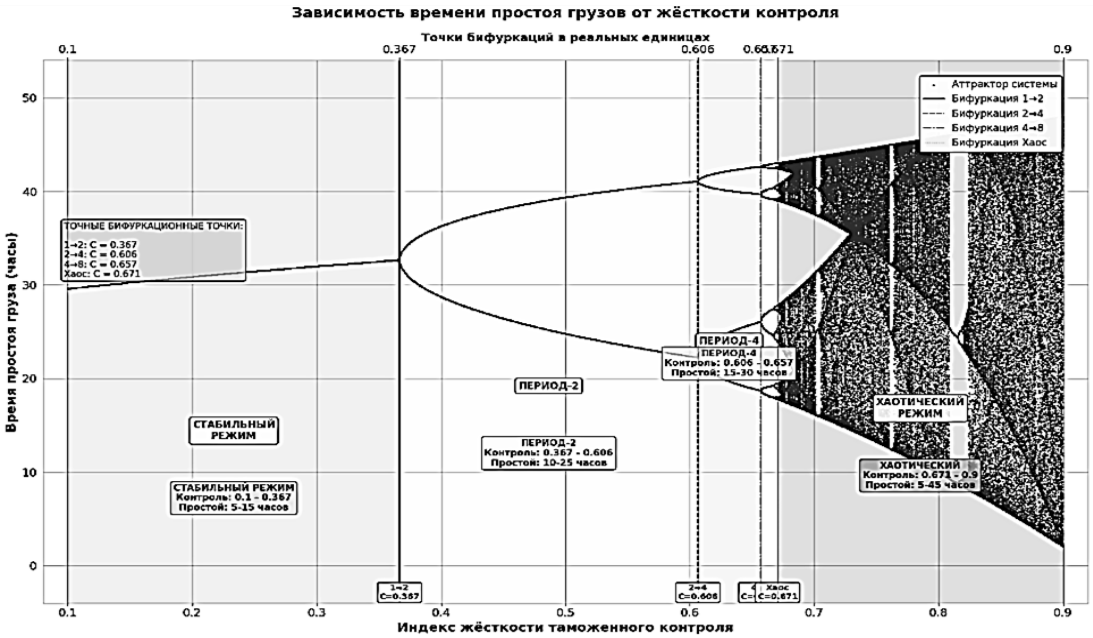


Рисунок 1 − **Диаграмма Фейгенбаума, демонстрирующая зависимость $T = f(C)$**
Figure 1 − **Feigenbaum diagram illustrating the dependence $T = f(C)$**

Обсуждение и заключение

Построенная модель $T = f(C)$ подтвердила применимость методов теории хаоса и нелинейной динамики к анализу поведения системы таможенной службы. Результаты исследований показали, что таможенная служба действительно демонстрирует свойства сложной динамической системы с четкими бифуркациями перехода к хаотическому режиму. В этой системе существуют критические значения жесткости контроля, превышение которых приводит к качественному изменению поведения системы.

Разработана и апробирована имитационная модель таможенной службы, основанная на логистическом отображении. Модель позволила выявить и количественно оценить сложное поведение системы, возникающее при изменении уровня жесткости таможенного контроля. Ключевым достижением результатов исследований является построение диаграммы Фейгенбаума для таможенной логистической системы, которая наглядно демонстрирует зависимость времени простоя грузов от интенсивности контроля. В рамках модели идентифицированы и строго математически обоснованы критические точки бифуркаций, соответствующие переходам между качественно различными режимами функционирования: стабильным, периодическим, хаотическим.

Предложенная концепция управления таможенной службой на основе принципов нелинейной динамики открывает новые возможности для повышения эффективности таможенного администрирования в условиях возрастающей сложности и неопределенности внешней среды. Переход от реактивного к проактивному управлению, основанному на прогнозировании бифуркационных переходов, представляет собой перспективную альтернативу традиционным подходам и может стать основой для создания интеллектуальных систем управления таможенными процессами следующего поколения.

Список литературы

1. *Макрусев, В. В.* Стратегия развития таможенных институтов: проблемные вопросы проектирования и реализации // Вестник университета. – 2022. – № 3. – С. 15-22.

2. *Тимаков, И. О., Макрусев, В. В.* Стратегия развития таможенных органов: сопоставительный анализ // Стратегии бизнеса. – 2021. – Т. 9, № 1. – С. 13-16.

3. *Бойкова, М. В.* Интегративная модель как инструмент создания ценности в системе таможенного администрирования // Вестник университета. – 2021. – № 4. – С. 87-96.

4. *Липатова, Н. Г.* Применение математических методов при решении задач повышения эффективности таможенного контроля // Вестник Российской таможенной академии. – 2017. – № 1. – С. 116-122.

5. *Эглит, Я. Я., Цивелева, М. А.* Моделирование процессов совершения таможенных операций и проведения таможенного контроля на транспорте как системы массового обслуживания // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2017. – № 2 (42). – С. 288-295.

6. *Галай, Т. А., Альшевская, О. В.* Моделирование информационных таможенных систем в учебном процессе // Информационные технологии в политических, социально-экономических и технических системах : материалы научно-практической конференции, 22 апреля 2022 г. – Минск, 2022.

7. *Хубаев, Г. Н., Щербаков, С. М.* Система автоматизированного синтеза имитационных моделей деловых процессов СИМ-UML: вариант модификации // Математическая экономика и экономическая информатика. Научные чтения памяти В. А. Кардаша. – 2016. – С. 36-41.

8. Системный анализ регионального рынка труда в области информационных технологий / С. М. Щербаков, Т. Г. Синявская, К. Х. Калугян // Системный анализ в проектировании и управлении : сборник научных трудов XXVIII Международной научно-практической конференции, 27-29 июня 2024 г. – СПб., 2024. – Ч. 1. – С. 469-478.

9. Математическая модель оценки информационной безопасности хозяйствующих субъектов / Е. Д. Стрельцова, А. Ю. Титов, И. В. Яковенко // Друкеровский вестник. – 2024. – № 2 (58). – С. 182-193.

10. Fuzzy-Logical Model for Analysis of Sustainable Development of Fuel and Energy Complex Enterprises / A. Borodin, E. Streltsova, Z. Mamedov, I. Yakovenko, I. Mityshina, A. Streltsov // AIMS Energy. – 2023. – Vol. 11, № 5. – P. 974-990.

References

1. *Makrusev, V.* Strategy for Development of Customs Institutions: Problematic Issues of Design and Implementation // Vestnik of University. – 2022. – № 3. – P. 15-22.

2. *Timakov, I., Makrusev, V.* Strategy for the Development of Customs Authorities: A Comparative Analysis // Business Strategies. – 2021. – Vol. 9, № 1. – P. 13-16.

3. *Boikova, M.* Integrative Model as a Tool for Value Creation in the Customs Administration System // Vestnik of University. – 2021. – № 4. – P. 87-96.

4. *Lipatova, N.* Application of Mathematical Methods in Solving Problems of Improving the Efficiency of Customs Control // Bulletin of Russian Customs Academy. – 2017. – № 1. – P. 116-122.

5. *Eglit, Ya., Tsiveleva, M.* Modeling of the Processes of Performing Customs Operations and Conducting Customs Control in Transport as a Queuing System // Bulletin of Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. – 2017. – № 2 (42). – P. 288-295.

6. *Galai, T., Alshevskaya, O.* Modeling of Information Customs Systems in the Educational Process // Information Technologies in Political, Socio-Economic and Technical Systems : proceedings of scientific-practical conference, April 22, 2022. – Minsk, 2022.

7. *Khubaev, G., Shcherbakov, S.* System of Automated Synthesis of Simulation Models of Business Processes SIM-UML: A Modification Variant // Mathematical Economics and Economic Informatics. Scientific Readings in Memory of V. Kardash. – 2016. – P. 36-41.

8. System Analysis of Regional Labor Market in the Field of Information Technologies / S. Shcherbakov, T. Sinyavskaya, K. Kalugyan // System Analysis in Design and Management : proceedings of 28th International

scientific-practical conference, June 27-29, 2024. – SPb., 2024. – Vol. 1. – P. 469-478.

9. Mathematical Model for Assessing Information Security of Economic Entities / E. Streltsova, A. Titov, I. Yakovenko // Drucker Bulletin. – 2024. – № 2 (58). – P. 182-193.

10. Fuzzy-Logical Model for Analysis of Sustainable Development of Fuel and Energy Complex Enterprises / A. Borodin, E. Streltsova, Z. Mamedov, I. Yakovenko, I. Mityshina, A. Streltsov // AIMS Energy. – 2023. – Vol. 11, № 5. – P. 974-990.

Об авторах

Стрельцова Елена Дмитриевна, *доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Россия, el_strel@mail.ru.*

Яковенко Ирина Владимировна, *доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия, iranyak@mail.ru.*

Колесникова Елена Валентиновна, *аспирант кафедры прикладной экономии и экономической безопасности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия, kolesnikova_e@bsuedu.ru.*

Титов Александр Юрьевич, *руководитель отдела информационной безопасности ООО «Радиус», Белгород, Россия, titov_a@voice-company.ru.*

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.12.2025; одобрена после рецензирования 15.01.2026; принята к публикации 30.01.2026.

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

© 2026 Стрельцова Е. Д., Яковенко И. В., Колесникова Е. В., Титов А. Ю.

About the Authors

Elena Streltsova, *Dr. Sci. (Econ.), Professor, Professor of the Department of Computer Software, South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. Platov, Novocherkassk, Russia, el_strel@mail.ru.*

Irina Yakovenko, *Dr. Sci. (Econ.), Associate Professor, Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia, iranyak@mail.ru*.

Elena Kolesnikova, *Postgraduate Student of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod State National Research University, kolesnikova_e@bsuedu.ru.*

Alexander Titov, *Head of the Information Security Department of Radius LLC, Belgorod, Russia, titov_a@voice-company.ru.*

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

The article was submitted on 14.12.2025; approved after reviewing on 15.01.2026; accepted for publication on 30.01.2026.

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

© 2026 E. Streltsova, I. Yakovenko, E. Kolesnikova, A. Titov