

С.В. Тимофеев

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

А.В. Баенхаева

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

В.Р. Абдуллин

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИБОБОРСТВА: НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Аннотация. В статье представлены первые результаты этапа проверки адекватности реальному процессу математической модели информационного противоборства, предложенной авторами в более ранних работах. Модель представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений с квадратичной нелинейностью в правой части. Используя возможности систем мониторинга электронных СМИ, получены данные по движению информационных потоков, направленных на освещение одного из ярких событий января 2022 г. Для этого в ракурсе рассматриваемого объекта исследования выбраны признаки, по которым определялась позитивная и негативная тональность сообщений. На этой основе системой была обработана информация о количестве публикаций с противоположной тональностью за предшествующий освещаемому событию год, а также за период, в течение которого событие произошло. По полученным данным проведена оценка параметров математической модели. После чего, применяя математический пакет прикладных программ «MATLAB», представлена динамика фазовых переменных системы. Проведено сравнение качественного поведения интегральных кривых и графиков, представленных системой мониторинга на временном промежутке, в течение которого исследовалось информационное событие.

Ключевые слова. Математическая модель, проверка адекватности модели, информационное противоборство, продвижение информации, система мониторинга СМИ, альтернативные точки зрения, события в Казахстане.

S.V. Timofeev

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

A. V. Baenkhaeva

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

V. R. Abdullin

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

MODELING INFORMATION CONFRONTATION: RESEARCH DIRECTION AND MATHEMATICAL TOOLS

Abstract. The article presents the first results of the stage of testing the adequacy to the real process of the mathematical model of information confrontation proposed by the authors in earlier works. The model is a system of ordinary differential equations with a quadratic non-linearity on the right side. Using the capabilities of electronic media monitoring systems, data was obtained on the movement of information flows aimed at covering one of the highlights of January 2022. Based on the obtained data, the parameters of the mathematical model are evaluated. After that, using the mathematical package of applied programs "MATLAB", the dynamics of the phase variables of the system is presented. A comparison was made of the qualitative behavior of the integral curves and graphs presented by the monitoring system over the time period during which the information event was studied.

Keywords. Mathematical model, checking the adequacy of the model, information confrontation, dissemination of new information, media monitoring system, alternative view, events in Kazakhstan.

Введение

В работе на основе математического моделирования был предложен принципиально новый подход для анализа возможных сценариев при распространении в обществе через СМИ противоположных точек зрения. В публикациях [1–5] подробно изложены этапы и результаты теоретической части [6, 7] процесса моделирования. Предложенный подход основан на количественной оценке потоков сообщений, находящихся в информационном поле, и предполагает работу с большими данными, в отличие от известного подхода, который опирается на теорию выборки для изучения общественного мнения [8, 9]. Используя такие технологии как Text Mining – интеллектуальный анализ текста, Data Science – наука о данных, появились возможности непосредственной работы с генеральными совокупностями данных ($n = All$), постоянного автоматизированного сбора данных в архивы и их быстрой обработки. Это приводит в конечном итоге к высокой достоверности анализа и прогнозирования в режиме реального времени. По сути, данная статья является апробацией предложенного подхода для анализа информационного противоборства в реальной ситуации.

В качестве математической модели была представлена следующая система обыкновенных дифференциальных уравнений [1]:

$$\begin{aligned}
 \frac{dN}{dt} &= \beta N - \gamma AN, \\
 \frac{dC}{dt} &= \alpha AN - \mu (C - C_*), \\
 \frac{dA}{dt} &= \rho C - \eta \gamma AN - \lambda A, \\
 \frac{di}{dt} &= \sigma N - \omega i.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Фазовыми переменными этой системы являются величины, выделенные как факторы, описывающие наиболее общие закономерности противоборства при распространении информации через СМИ:

$N(t)$ – количественная характеристика объема новостной информации, соответствующая продвижению новых взглядов в информационном пространстве; $C(t)$ – число органов в структуре общества, обладающих информационными ресурсами, целью которых является сохранение ранее принятых в обществе концепций (например, идеологических или технологических); $A(t)$ – количественная характеристика объема информационного потока, противопоставленного распространению новых взглядов в информационном пространстве; $i(t)$ – показатель доли населения, лояльно относящейся к новым идеям, появляющимся в СМИ. Смысловые характеристики параметров модели представлены в таблице:

$\beta \geq 0$	показатель, характеризующий интенсивность распространения новой информации через СМИ
$\gamma \geq 0$	показатель, характеризующий возможность нейтрализации эффекта от появившейся информации после изложения альтернативного мнения
$\alpha \geq 0$	показатель, характеризующий интенсивность реакции на противоборство противоположных точек зрения
$\mu > 0$	коэффициент, обратно пропорциональный времени работы дополнительно созданных органов информации
C_*	количество информационного ресурса для повседневной поддержки концепции общества
$\rho \geq 0$	средняя скорость появления новостей из одного органа информации C
$\eta \geq 0$	среднее количество информации A , направленное на нейтрализацию эффекта от сообщений N
$\lambda > 0$	коэффициент, обратно пропорциональный времени забывания информации A
$\sigma \geq 0$	показатель, характеризующий темп принятия новой идеи
$\omega \geq 0$	показатель, характеризующий возврат в силу инерции мышления к прежней концепции

В системе (1) переменная $i(t)$ содержится только в последнем уравнении, поэтому исследование проводилось для системы меньшей размерности, переписанной в более удобном для изучения виде:

$$\begin{aligned}\frac{dC}{dt} &= \alpha AN - \mu(C - C_*), \\ \frac{dA}{dt} &= \rho C - (\lambda + \eta\gamma N)A, \\ \frac{dN}{dt} &= (\beta - \gamma A)N,\end{aligned}\tag{2}$$

с начальными условиями, в силу ее автономности:

$$C(0) = C_0 \geq 0, A(0) = A_0 \geq 0, N(0) = N_0 \geq 0.\tag{3}$$

Последующий этап моделирования – проверка адекватности модели или оценка согласованности модели с реальными данными. В качестве объекта для проверки было выбрано одно из резонансных информационных событий начала 2022 г. – освещение средствами массовой информации попытки переворота в Казахстане. А именно: просьба президента Касым-Жомарт Токаева о помощи к главам государств Организации Договора о коллективной безопасности (ОДКБ) для подавления волнений внутри страны. На территорию Казахстана были введены войска стран-участников ОДКБ, и порядок достаточно быстро был восстановлен. Общество в один момент разделилось на тех, кто был против, и кто был за введение войск на территорию суверенного государства. В данной статье с помощью системы мониторинга СМИ и социальных сетей были получены реальные количественные данные о том, как разнонаправленные по тональности потоки информации об одном и том же объекте распространяются с течением времени. Отметим, что события стремительно развивались и также стремительно прекратились в силу выполнения поставленных задач. И потому этот информационный повод оказался для нас интересным как версия осуществления одного из сценариев, описанных на теоретических этапах исследования модели. Также представляется интересным рассмотреть его как микромодель информационного повода с более продолжительным временным интервалом существования.

Проверка адекватности модели Постановка задачи

Поставим задачу подобрать параметры системы (2), отвечающие содержательному смыслу произошедшего события, чтобы теоретическое решение этой системы при начальных условиях, согласующихся с реальными данными, как можно лучше соответствовало показателям, полученным сервисом по мониторингу СМИ. С практической точки зрения это делает возможным уже на ранней стадии оценить реакцию общества, отражаемую в сообщениях СМИ, количественными показателями и, тем самым, осуществить прогноз относительно результата противоборства, направленного на достижение несовпадающих по интересам задач.

При любых значениях параметров система (2) на инвариантном множестве $R_+^3 = \{(C, A, N) \in R^3 : C \geq 0, A \geq 0, N \geq 0\}$ всегда имеет стационарное решение

$X_{st} = (C_{st}, A_{st}, N_{st}) = (C_*, \frac{\rho C_*}{\lambda}, 0)$. Согласно [1], оно интерпретируется как состояние общества, в котором доминирует определенная концепция, и для ее поддержки административный ресурс в количестве C_* задействует в СМИ достаточное с его точки зрения количество информации $\frac{\rho C_*}{\lambda}$.

В рамках объекта исследования сформулируем тезис, который будет описывать существующую в обществе концепцию: *ОДКБ – международная организация, деятельность которой направлена на укрепление мира, международной и региональной безопасности, защиту территориальной целостности и суверенитета государств-членов*. В соответствии с этим, вся информация, поддерживающая этот тезис, будет отражать количественную характеристику фазовой переменной $A(t)$. Ее мы будем называть информацией с положительной или позитивной тональностью. Соответственно, любая информация, отрицающая данный тезис или предлагающая новую концепцию обществу, будет отражать количественную характеристику фазовой переменной $N(t)$ и иметь отрицательную или негативную тональность. Количественную характеристику фазовой переменной $C(t)$ будут отражать информационные органы, публикующие информацию для поддержания имеющейся в обществе концепции.

Выбор системы мониторинга

На данный момент существует большой выбор сервисов по мониторингу СМИ и социальных сетей, такие как: ПрессИндекс, Медиалогия, Brand Analytics, Babkee, StarComment, Semanticforce, Brand24, Mediatoolkit IQ Buzz, Free Search от TalkWalker, YouScan и т.д. В рамках статьи нет смысла делать обзор сервисов мониторинга, но кратко остановимся на ПрессИндекс [10], которую мы использовали как инструмент для получения эмпирических данных. ПрессИндекс позволяет проводить мониторинг социальных сетей по всем популярным интернет-площадкам, а также всех электронных СМИ (Федеральный, региональный, локальный уровень) за любой предшествующий период времени, определять тональность публикаций, рисовать графики, формировать и экспортировать отчеты в Word, Excel, PDF формат в динамике и в разрезах данных.

В нашем исследовании мы воспользовались встроенной интеллектуальной системой распознавания тональности публикаций. Встречались и статьи, имеющие нейтральную окраску, но анализ сообщений шел именно по тому, что система отнесла к положительным или отрицательным сообщениям.

Подчеркнем, что анализ социальных сетей мы не брали в рассмотрение, поскольку тестовый режим использования системы мониторинга не позволял выгружать ретроспективные данные, а выгружал лишь сообщения текущих суток, что затрудняло проведение анализа.

Результаты эксперимента

По результатам обработки системой ПрессИндекс количества публикаций с выраженной отрицательной и положительной по отношению к сформулированной концепции тональностью были получены определенные данные, которые в дальнейшем сравнивались с теоретическими результатами предложенной математической модели (2).

Число негативных сообщений в течение января появлялись в электронных СМИ в соответствии с графиком (рис. 1):

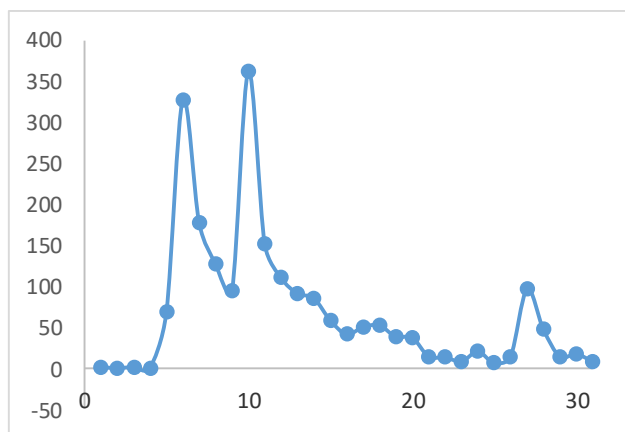


Рис. 1 Количество негативных сообщений $N(t)$ по дням в течение января

Соответственно, данные о количестве позитивных сообщений по датам за этот же срок следующие (рис. 2):

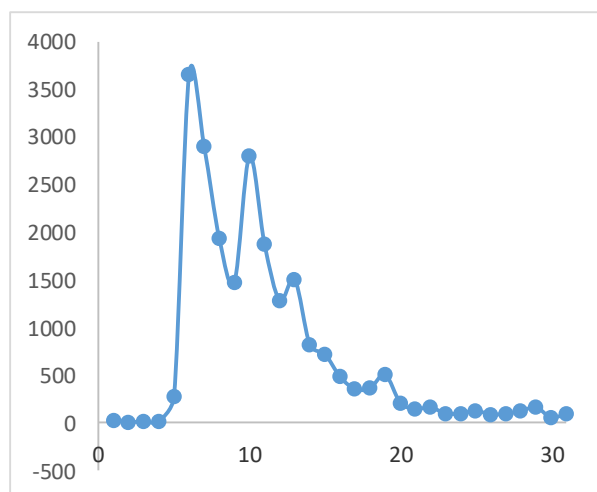


Рис. 2 Количество позитивных сообщений $A(t)$ по дням в течение января

Для сопоставления результатов моделирования и полученных данных необходимо, опираясь на эти данные, конкретизировать начальные условия (3) и значения параметров системы (2).

Значение величины $N(0)$ можно определить, отталкиваясь от информации о первых появлениях негативных сообщений в СМИ (рис. 1). Очевидно, что

$N(0) = 68$. За $A(0) = 12$ принято значение, равное среднему арифметическому количества позитивных сообщений в первые четыре дня января (до появления негативных сообщений). Для определения начального условия $C(0)$ необходимо было воспользоваться данными о постоянных источниках, предоставляющих СМИ позитивную информацию об ОДКБ в течение всего предыдущего года.

Согласно представленным данным решено было взять $C_* = 10$ и, соответственно, $C(0) = C_* = 10$. Таким образом, определена начальная точка $X_0 = (C_0; A_0; N_0) = (10; 12; 68)$ траектории системы (2). Для получения численных результатов при интегрировании системы (2) с начальными условиями

$$C(0) = 10, A(0) = 12, N(0) = 68 \quad (4)$$

были выбраны следующие значения параметров:

$$\beta = 1,9; \gamma = 0,1; \alpha = 0,09; C_* = 10; \mu = 0,3; \rho = 5; \eta = 2; \lambda = 1/3. \quad (5)$$

При оценке параметра β было использовано дифференциальное уравнение $\frac{dN}{dt} = \beta N$, полученное из системы (2) после удаления из правой части соответствующего уравнения нелинейного слагаемого. С учетом начальных условий его решение имеет вид: $N(t) = 68 \exp(\beta t)$. Согласно данным (рис. 1) $N(1) = 327$, что возможно при $\beta_{min} = 1,57$. Дальнейшее сопоставление значений параметров показало, что $\beta = 1,9$ наиболее точно отражает ситуацию. Аналогичный анализ дал возможность оценить параметры ρ и α . Для оценки параметра λ были использованы сведения об экспериментах по изучению памяти [11], на основании которых была построена известная кривая забывания Эббингауза – график, который показывает, как при ознакомлении с определенным материалом уровень запоминания усвоенной информации логарифмически уменьшается с течением времени [12]. Значения γ и η определялись согласно анализу текста некоторых статей, которые появлялись как в защиту выбранной концепции, так и критиковавшие ее. Анализ показал, что сообщения A в большинстве своем не были направлены на нейтрализацию сообщений N , а лишь доказывали полезность создания ОДКБ и необходимость применения вооруженных сил этой организации в данных условиях. И, наконец, значение μ определялось по данным о появлении информации из новых информационных источников, не проявляющих ранее интерес к данной теме.

Полученный набор параметров количественно описывает реакцию общества, отраженную в СМИ, на исследуемое информационное событие. Он соответствует соотношениям, по которым в [4] дан теоретический прогноз поведения траектории системы (2) при $t \rightarrow +\infty$. Качественное поведение траектории этой системы с начальными условиями $X_0 = (C_0; A_0; N_0) = (10; 12; 68)$ и значениями параметров (5) должно иметь вид, представленный на рис. 3:

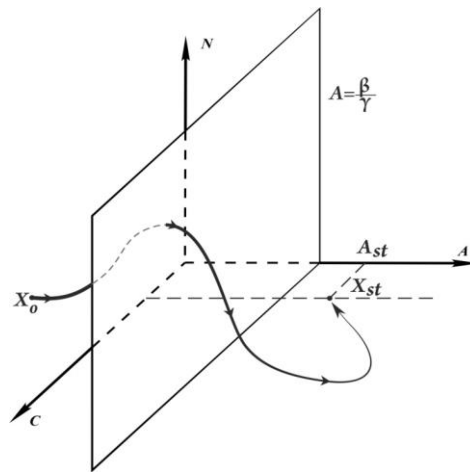
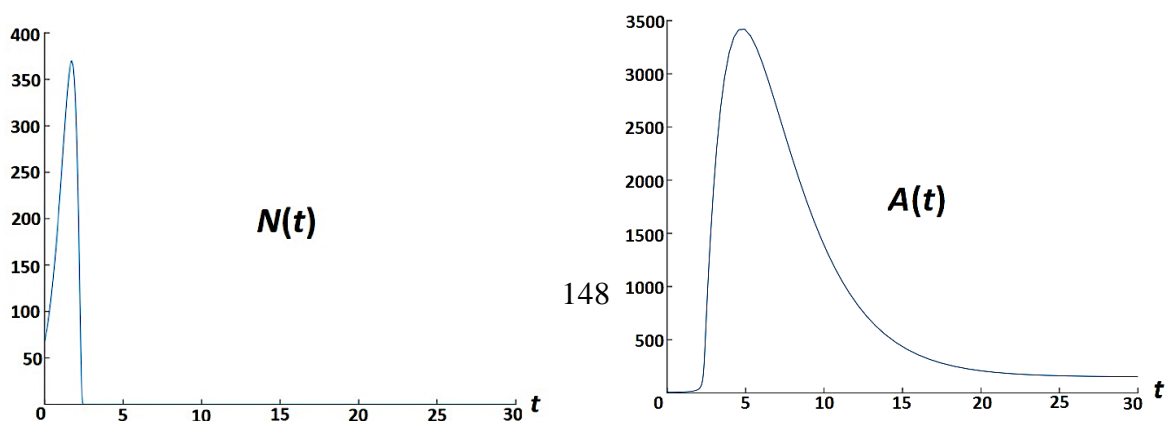


Рис. 3 Качественное поведение траектории системы (2) из точки $X_0 = (C_0; A_0; N_0) = (10; 12; 68)$ со значениями параметров (5)

Сравним полученный прогноз и численное решение системы (2) с начальными условиями (4) и значениями параметров (5). Система (2) является жесткой [13,14] и для ее численного решения неприменимы явные разностные схемы, поскольку их использование приводят к резкому увеличению числа вычислений при уменьшении шага интегрирования или резкому увеличению погрешности при недостаточно малом шаге. Поэтому для численного интегрирования системы (2) был выбран метод [15,16], являющийся реализацией неявной формулы Рунге-Кутта с шагом правила трапеций в качестве первого этапа и формулой обратного дифференцирования второго порядка в качестве второго этапа (одна и та же матрица итераций используется при оценке обоих этапов). Вычисления были проведены в среде научных и инженерных расчетов «MATLAB» текущей версии R2022a. На рис. 4 представлена динамика фазовых переменных (2) на временном промежутке, равном одному месяцу (5 января принято за $t_0 = 0$):



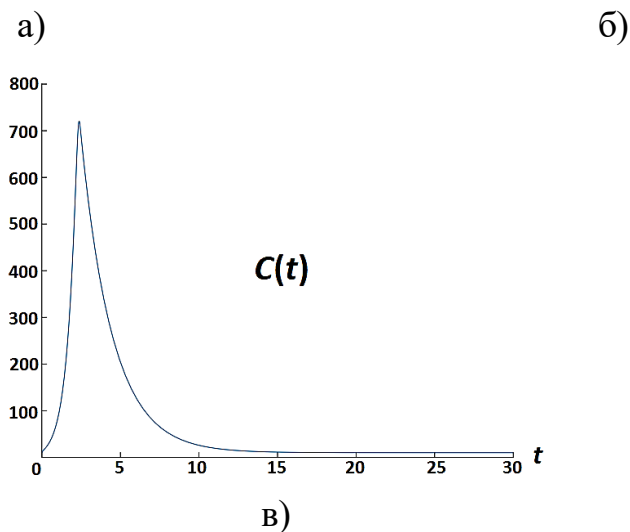


Рис. 4 Интегральные кривые системы (2) с начальными условиями (4) и значениями параметров (5): а) $N(t)$; б) $A(t)$; в) $C(t)$

Качественное поведение интегральных кривых на рис. 4 соответствует теоретически предсказанному поведению траектории системы (2) (рис. 3). При этом интегральные кривые $N(t)$ и $A(t)$ на графиках а) и б) соответственно ловят пик сообщений (рис. 1, 2) и их динамику к концу исследуемого временного промежутка. Это позволяет делать вывод об адекватности математической модели для данного информационного события.

Заключение

В данной работе на основе эмпирических данных проведена проверка состоятельности теоретических результатов, полученных авторами при исследовании предложенной ими математической модели информационного противоборства. В качестве объекта для проверки было выбрано обсуждение в СМИ одного из громких событий начала 2022 г. – попытки переворота в Казахстане. С помощью системы мониторинга СМИ «ПрессИндекс» удалось получить ретроспективные эмпирические данные за конкретный временной промежуток и оценить количественную динамику имеющих положительную и отрицательную тональность статей о необходимости введения в Казахстан войск ОДКБ.

Полученные данные позволили дать оценку параметрам модели и найти ее численное решение. Сравнение графически представленных статистических данных системы мониторинга с качественным поведением найденного решения позволяет сделать вывод об адекватности предложенной математической модели. Это делает работу актуальной, поскольку появляется возможность по первым релевантным данным мониторинга на информационное событие получить набор параметров теоретической модели для прогноза более вероятного сценария приятия обществом той или иной точки зрения.

Список использованной литературы

1. Тимофеев С.В. Модель распространения новой информации в обществе / С.В. Тимофеев, А.П. Суходолов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2019. – Т. 12. – № 4. – С. 119–134.
2. Тимофеев С.В. Математическая модель распространения новой информации в обществе / С.В. Тимофеев // Вопросы теории и практики журналистики. – 2020. – Т. 9. – № 1. – С. 5–17.
3. Тимофеев С.В. Модель информационного противоборства в СМИ: важный случай в пространстве параметров / С.В. Тимофеев, А.В. Баенхаева // System Analysis & Mathematical Modeling. – 2020. – Т. 2. – № 4. – С. 44–52.
4. Тимофеев С.В. Математическое моделирование информационного противоборства / С.В. Тимофеев, А.В. Баенхаева // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2021. – Т. 14. – № 1. – С. 164–176.
5. Тимофеев С.В., Баенхаева А.В. Моделирование информационного противоборства: направления исследований и математические инструменты / С.В. Тимофеев, А.В. Баенхаева // Computing, Telecommunications and Control. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 63–75.
6. Самарский А.А. Математическое моделирование / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – Москва : Наука. Физматлит, 1997. – 320 с.
7. Введение в математическое моделирование: учебное пособие / под ред. П.В. Трусова. – Москва : Университетская книга, Логос, 2007. – 440 с.
8. Докторов Б.З. От соломенных опросов к постгэллэповским опросным методам / Б.З. Докторов. – Москва : Радуга, 2013.
9. Одинцов А.В. Социология общественного мнения и вызов Big Data / А.В. Одинцов // Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. – 2017. – № 3. С. 30–43.
10. ПРЕССИНДЕКС. Мониторинг СМИ и социальных сетей в режиме реального времени: [Электронный ресурс]. – URL: <https://pressindex.ru>. (Дата обращения: 01.03.2022).
11. Психология памяти. Хрестоматия / ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.Я. Романов. – Москва : ЧеРо, 2000. – 559 с.
12. Аверелл Л. Форма кривой забывания и судьба воспоминаний / Л. Аверелл, А. Хиткот // Журнал математической психологии. – 2011. – Т. 55, № 1. – С. 25–35.
13. Hairer E. Solving ordinary differential equations I. Nonstiff problems / E. Hairer, S.P. Norsett, G. Wanner. – Berlin e.o. : Springer, 1987. – 480 p.
14. Hairer E. Solving ordinary differential equations II. Stiff and differential-algebraic problems / E. Hairer, G. Wanner. – Berlin e.o. : Springer, 1991, second revised edition, 1996. – 614 p.
15. Dekker K. Stability of Runge-Kutta methods for stiff nonlinear differential equations / K. Dekker, J.G. Verwer. – Amsterdam, New York, Oxford, North-Holland : 1984. – 307 p.
16. Куликов Г.Ю. Неявные гнездовые методы Рунге-Кутты типа Гаусса и Лобатто с локальным и глобальным контролем точности для жестких обыкновен-

ных дифференциальных уравнений / Г.Ю. Куликов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2020. – Т. 60. – № 7. – С. 1170–1192.

17. Еременко В.Т., Рязанцев П.Н. Информационное противоборство в социотехнических системах / Н.П. Рязанцев, В.Т. Еременко. – Орел : ОГУ имени И.С. Тургенева, 2016. – 209 с.

18. Воронова О.Е. Современные информационные войны: типология и технологии / О.Е. Воронова. – Рязань : Ряз. гос. Ун-т. имени С.А. Есенина., 2018. – 188 с.

Сведения об авторах

Тимофеев Сергей Викторович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математических методов и цифровых технологий, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: timofeevsv12@gmail.com.

Баенхаева Аюна Валерьевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры математических методов и цифровых технологий, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: ayunab2000@mail.ru.

Абдуллин Владимир Рафаэлевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математических методов и цифровых технологий, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: darlithydd@icloud.com.

Information about the Authors

Sergey V. Timofeev – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematical Methods and Digital Technologies, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: timofeevsv12@gmail.com.

Ayuna V. Baenkhaeva – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Mathematical Methods and Digital Technologies, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: ayunab2000@mail.ru.

Vladimir R. Abdullin – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematical Methods and Digital Technologies, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: darlithydd@icloud.com.