

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНФЛИКТА В СОЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ С ПОМОЩЬЮ ДИФFUЗИОННЫХ УРАВНЕНИЙ

А. Ю. Петухов, А. О. Мальханов, В. М. Сандалов, Ю. В. Петухов

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского
Россия, 603950 Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
E-mail: Lectort@yandex.ru, alexey.malkhanov@gmail.com,
granel09@gmail.com, yuvpetukhov@ya.ru

Обсуждается проблема моделирования социальных конфликтов различного типа с использованием диффузионных уравнений. Кратко рассмотрены основные подходы и методы к математическому моделированию в современных гуманитарных науках.

Обсуждаются основные концепции социальных конфликтов, способы их классификации, интерпретации, в том числе для этносоциальных, религиозных и др. конфликтов. Дано формализованное определение одного из параметров, приводящего к конфликту в социальной системе. Предложена модель, основанная на диффузионном уравнении Ланжевена. В основе модели лежит идея, что индивиды взаимодействуют в обществе посредством поля коммуникации h . Это поле создаётся каждым человеком в обществе, моделируя информационное взаимодействие между индивидами.

Приведено аналитическое решение системы полученных уравнений в первом приближении для расходящегося типа диффузии. Показано, что разработанная модель даже на простом примере двух взаимодействующих групп индивидов позволяет выявить характерные закономерности конфликта в социальной системе, определить влияние социальной дистанции в обществе на условия генерации подобных процессов с учётом внешнего влияния и случайного фактора.

Из анализа полученных в результате моделирования фазовых портретов сделан вывод о существовании области устойчивости для социальной системы, в рамках которой она стабильна и не подвержена конфликтам.

Ключевые слова: Социальный конфликт, социум, диффузионные уравнения, уравнение Ланжевена, поле коммуникации.

DOI: 10.18500/0869-6632-2016-24-6-65-83

Ссылка на статью: Петухов А.Ю., Мальханов А.О., Сандалов В.М., Петухов Ю.В. Моделирование конфликта в социальной системе с помощью диффузионных уравнений // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2016. Т. 24, № 6. Р. 65–83.

MODELING CONFLICT IN A SOCIAL SYSTEM USING DIFFUSION EQUATIONS

*Alexandr Y. Petukhov, Alexey O. Malhanov,
Vladimir M. Sandalov, Yury V. Petukhov*

Nizhniy Novgorod Lobachevski State University
Russia, 603950 Nizhniy Novgorod, Gagarin ave., 23
E-mail: Lectorr@yandex.ru, alexey.malkhanov@gmail.com,
granel09@gmail.com, yuvpetukhov@ya.ru

The issue of modeling various kinds of social conflicts using diffusion equations is discussed. The main approaches to and methods of mathematical modeling in contemporary humanitarian sciences.

The main concepts of social conflicts, ways of their classification, interpretation, including ethnic-social, religious and other conflicts are considered. The notion of a conflict in a social system is defined in terms of mathematical modeling. A model based on Langevin diffusion equation is introduced. The model is based on the idea that all individuals in a society interact by means of a communication field h . This field is induced by each individual in the society, modeling informational interaction between individuals.

An analytical solution of the system of thus obtained equations in the first approximation for a diverging type of diffusion is given. It is shown that even analyzing a simple example of the interaction of two groups of individuals the developed model makes it possible to discover characteristic laws of a conflict in a social system, to determine the effect of social distance in a society on the conditions of generation of such processes, accounting for external effects or a random factor.

Based on the analysis of the phase portraits obtained by modeling, it is concluded that there exists a stability region within which the social system is stable and non-conflictive.

Keywords: Social conflict, society, diffusion equations, Langevin equation, communication field.

DOI: 10.18500/0869-6632-2016-24-6-65-83

Paper reference: Petukhov A.Y., Malhanov A.O., Sandalov V.M., Petukhov Yu.V. Modeling conflict in a social system using diffusion equations // Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics. 2016. Vol. 24. Issue 6. P. 65–83.

Введение

Социальный конфликт можно определить как пиковый этап развития противоречий в отношениях между индивидами, группами индивидов, социума в целом, который характеризуется наличием противоречащих интересов, целей, позиций субъектов взаимодействия. Конфликты могут быть скрытыми или явными, но в их основе всегда лежит отсутствие компромисса и иногда даже диалога между двумя или более сторонами [1].

Английский социолог Э. Гидденс дал такое определение конфликта: «Под социальным конфликтом я понимаю реальную борьбу между действующими людьми или группами, независимо от того, каковы источники этой борьбы, ее способы и средства, мобилизуемые каждой стороной».

В развитии общей конфликтологии на современном этапе важную роль сыграли труды зарубежных ученых, заложивших теоретический фундамент решения

конкретных задач сложной междисциплинарной науки. Это классические работы: Л. Козера, Р. Дарендорфа, Ю. Хабермаса, Г. Беккера, А.С. Ахиезера [2–3], обосновавших естественность, атрибутивный характер этнополитических конфликтов и их функции в жизни общества; К. Боулдинга, Л. Козера, П. Бурдые [4], заложивших основы построения общей теории конфликтов; Дж. Бертона [5] и его последователей, которые обратились к проблематике эффективных практических технологий урегулирования и принципиального разрешения конфликтов, как приоритетной для обеспечения действенности конфликтологического знания; П. Штомпки [6], абсолютизовавшего «западный магистральный» путь социального спасения; Ф. Глазла, предлагающего современные механизмы разрешения конфликтов [7].

Проблемы изучения, классификации, а самое важное – прогнозирования конфликтов, всегда занимали значительное место в фундаментальной социальной науке. Это теме посвящалось множество работ ведущих социологов и математиков: Дж. Бернанд, Р. Бейли, К. Боулдинг, Д. Бухер, Дж. Дьюк, Л. Козер, Л. Крисберг, Д. Лэйдис, Р. Макк, А. Рапопорт, Р. Снамаер, Р. Стагнер, Т. Шеллинг; Т. Боттомор, Дк. Рекс; Г. Бутуль, М. Крозье, А. Турен, К. Дарендорф; Е. Вятр, Я. Муха, Я. Штумски, Я. Рейковски, Л.А. Нечипоренко, И.И. Петрова, А.Л. Ручки, Л.А. Семеновой, В.Б. Танчер, Е.А. Ануфриева, В.Г. Афанасьева, В.В. Дружинина, П.Е. Кацделя, В.Ф. Крапивина, Д.С. Конторова, М.Д. Конторова, И.Г. Наконечно, В.С. Овчинникова, А.Ф. Проценте, Г.П. Предвечного, В.О. Рукавишникова, В.Б. Сверчкова, В.И. Сперанского, А.И. Ямскова и др. [5–7].

Действительно, учитывая значительное влияния подобных явлений на социум и все процессы в нём происходящие, способы предсказания и выявления характерных закономерностей социальных конфликтов являются чрезвычайно важными.

Одно из направлений по поиску решений данной задачи – прогнозирование и описание социального конфликта с помощью математики, то есть математического моделирования [8–13].

Математическое моделирование в социальной науке

Математическое моделирование, основанное на нелинейной динамике, столь широко применяемое в естествознании, в социологических исследованиях всё ещё являются относительной редкостью.

В последние годы достигнуты существенные успехи в области создания моделей социальных и политических процессов [14]. Имеющиеся к настоящему времени модели можно условно разделить на три группы:

- 1) модели-концепции, основанные на выявлении и анализе общих исторических закономерностей и представлении их в виде когнитивных схем, описывающих логические связи между различными факторами, влияющими на исторические процессы (Дж. Голдстейн, И. Валлерстайн, Л.Н. Гумилев, Н.С. Розов и др.). Такие модели обладают высокой степенью обобщения, но имеют не математический, а чисто логический, концептуальный характер;
- 2) частные математические модели имитационного типа, посвященные описанию конкретных исторических событий и явлений (Ю.Н. Павловский, Л.И. Бород-

кин, Д. Медоуз, Дж. Форрестер и др.). В подобных моделях основное внимание уделяется тщательному учету и описанию факторов и процессов, оказывающих влияние на рассматриваемые явления. Применимость таких моделей, как правило, ограничена достаточно узким пространственно-временным интервалом; они «привязаны» к конкретному историческому событию и их невозможно экстраполировать на протяженные периоды времени;

- 3) математические модели, являющиеся промежуточными между двумя указанными типами. Эти модели описывают некоторый класс социальных процессов без претензии на детальное описание особенностей для каждого конкретно-исторического случая. Их задачей является выявление базовых закономерностей, характеризующих протекание процессов рассматриваемого вида. В соответствии с этим данные математические модели называются базовыми [15].

Моделирование динамики нелинейных систем в классических моделях [16–22] проводится на основе использования многомерных дифференциальных уравнений [20, 23, 24], разностных уравнений [25, 26], математического аппарата клеточных автоматов [25, 27], математического аппарата теории катастроф [28, 29], математического аппарата теории самоорганизованной критичности [30, 31], стохастических дифференциальных уравнений Ланжевена и Ито–Стратоновича [25, 30], анализа систем с хаосом и реконструкции устойчивых состояний (аттракторов) по временным рядам [25, 27].

Ж.А. Holyst, К. Casperski, F. Schweitzer предложили удобную модель общественного мнения на основе представления взаимодействия между индивидами в виде броуновского движения [31].

Также немало и других исследований в области моделирования социальных и политических процессов, которыми занимались: К. Troitzsch, R. Hegselmann, P. de Vries, D. Gernert, A. Nowak, R. Vallacher и E. Burnstein, H. Ader и I. Bramsen, Y.-F. Yung, W. Chan и P. Bentler, R. Geuze, R. van Ouwerkerk и L. Mulder, A. Klovdahl и многие другие [32–40].

Основные концепции социального конфликта

В современной социологической литературе существует множество классификаций видов конфликтов по различным основаниям. Рассмотрим некоторые из них с точки зрения определения социального конфликта как математического понятия в нашей модели.

С точки зрения субъектов, вступающих в конфликт, можно выделить четыре типа конфликтов:

- 1) внутрличностный (может иметь следующие формы: ролевой – возникает, когда к одному человеку предъявляют противоречивые требования по поводу того, каким должен быть результат его работы; внутрличностный – может также возникнуть в результате того, что производственные требования не согласуются с личными потребностями или ценностями);
- 2) межличностный (может проявляться как столкновения личностей с различными чертами характера, взглядами, ценностями и является самым распространенным);

- 3) между личностью и группой (возникает, если личность занимает позицию, отличающуюся от позиции группы);
- 4) межгрупповой.

Конфликты также можно классифицировать по сферам жизнедеятельности на политические, социально-экономические, национально-этнические и другие [11]. Существует немало концепций теории социального конфликта, рассмотрим одни из наиболее известных.

Концепции Л. Козера [2]:

- обществу присуще неизбежное социальное неравенство, постоянная психологическая неудовлетворенность его членов, напряженность в отношениях между индивидами и группами (эмоциональное, психическое расстройство), что приводит к социальному конфликту;
- социальный конфликт как напряженность между тем, что есть, и что должно быть в соответствии с представлениями тех или иных социальных групп или индивидов;
- социальный конфликт как борьба за ценности и претензии на определенный статус, власть и ресурсы, борьбу, в которой целями противников являются нейтрализация, нанесение ущерба или уничтожение соперника.

Конфликтная модель общества Р. Дарендорфа [3]:

- постоянные социальные изменения в обществе, переживание социального конфликта;
- любое общество опирается на принуждение одних его членов другими, то есть возникает неравенство социальных позиций по отношению к распределению власти;
- разница в социальном положении различных социальных групп и индивидов вызывает взаимные трения, противоречия и, как результат, изменение социальной структуры самого общества.

Общая теория конфликта К. Боулдинга [4]:

- все конфликты имеют общие образцы развития, их подробное изучение и анализ предоставляет возможность создать обобщающую теорию – «общую теорию конфликта», которая позволит обществу контролировать конфликты, управлять ими, прогнозировать их последствия;
- Боулдинг утверждает, что конфликт неотделим от общественной жизни (в природе человека – стремление к борьбе с себе подобным);
- конфликт – ситуация, в которой каждая из сторон стремится занять позицию несовместимую и противоположную по отношению к интересам другой стороны;
- существует два аспекта социального конфликта: статический и динамический.

Статический аспект социального конфликта подразумевает анализ сторон (субъектов) конфликта (личности, организации, группы) и отношения между ними (этнические, религиозные, профессиональные). Динамический аспект подразумевает изучение интересов сторон как побудительных сил в конфликтном поведении людей. Динамика конфликта – совокупность ответных реакций сторон на внешние стимулы [1, 40].

Из вышеизложенного можно вывести следующие важные для нашей модели положения.

- 1) Крупный социальный конфликт, как правило, сопровождается информационной и социальной дистанцией между индивидами и группами индивидов. В качестве основы такой дистанции могут быть как межнациональные, культурные, религиозные, так и экономические отличия. Причинами такого конфликта могут быть самые разные основания: различные уровни агрессии социальных, этнических групп, противоречащие культурные и экономические устремления и т.д. То есть сама по себе социально-информационная дистанция не является причиной конфликта, но, как правило, сопутствует ему.
- 2) Данная дистанция увеличивается во время протекания конфликта, особенно в его крайних вариантах (революции, гражданские войны и т.д.), выводя противостоящие стороны на позиции «непримирения». В истории, к сожалению, очень мало примеров краткого и среднесрочного позитивного сценария для подобных ситуаций.
- 3) Следовательно, изучаемая точка «невозврата», как правило, лежит до возникновения конфликта, а этот переход социальной системы из одного состояния в другое и является определяющим.

Математическая модель

Важным моментом для математического моделирования является то, что социальные и политические процессы не могут быть строго заданными. Они всегда подвержены малым изменениям и флуктуациям. Часто социальный процесс сравнивают с броуновской частицей, то есть частицей движущейся по вполне определённой траектории, но при близком рассмотрении сильно извилистой, с множеством мелких изломов [23, 31, 41-44]. Эти мелкие изменения (флуктуации) объясняются хаотическим движением других молекул. В социальных процессах флуктуации можно трактовать как проявления свободной воли его отдельных участников, а также другими случайными проявлениями внешней среды [41].

В физике данные процессы, как правило, описываются стохастическим диффузионным уравнением Ланжевена, которое является относительно апробированным и для моделирования некоторых социальных процессов. Так, например, J.A. Holyst, K. Kasprski и F. Schweitzer создали модель общественного мнения [31]. Подход, основанный на подобных уравнениях, имеет ряд преимуществ.

- 1) Данный подход даёт возможность учесть проявления свободной воли его отдельных участников, а также другие случайные проявления внешней среды для социальной системы.
- 2) Поведение социальной системы возможно рассчитать как для единого целого, так и для отдельных индивидов-частиц.
- 3) Данный подход позволяет выявить некие характерные устойчивые режимы функционирования социальных систем в зависимости от различных начальных условий.

- 4) Диффузионные уравнения, как математический аппарат, являются в достаточной степени апробированными и известными, с точки зрения проведения численного моделирования.

В основе модели лежит идея, заключающаяся в том, что индивиды взаимодействуют в обществе посредством поля коммуникации h (похожее понятие введено и в [31], но с другой параметризацией). Это поле создаётся каждым индивидом в обществе, моделируя информационное взаимодействие между ними. Однако следует иметь в виду, что здесь речь идёт о социуме, который сложно отнести как к объекту в классической физической пространственной топологии. Действительно, с точки зрения переноса информации от индивида к индивиду, пространство в обществе сочетается как классические пространственные координаты, так и дополнительные специфические особенности. Это связано с тем, что в современном информационном мире нет необходимости обязательно находиться рядом с объектом воздействия, чтобы передать ему информацию.

Таким образом, социум – это многомерное, социально-физическое пространство, отражающее возможность одного индивида «дотянуться» своим коммуникационным полем до другого, то есть повлиять на него, на его параметры и возможность перемещаться в данном пространстве. Соответственно положение индивида относительно других индивидов в таком пространстве моделирует и уровень взаимоотношений между ними и вовлечённость в информационный обмен. Близкое расположение индивидов в данной модели говорит о том, что между ними возникла социальная связь и идёт регулярный обмен информацией. Конфликтом же для такой постановки проблемы следует считать вариант взаимодействия индивидов, или групп индивидов, в результате которого расстояние, то есть социальная дистанция $\Delta x = x_i - x_j$ (здесь x – координата в социально-физическом пространстве, $i, j = [1, N]$, N – число индивидов или консолидированных групп индивидов) между ними резко растёт. Предполагая, что индивид подобен броуновской частице с определённым радиусом воздействия на других индивидов, поле коммуникации можно представить с помощью диффузионного уравнения

$$\frac{\partial}{\partial t} h(x_i, x_j) = \sum_{j=1}^N f(x_i, x_j) \vartheta(x_i, x_j) \bar{\delta}_{(k_s^j + k_c^j)(k_s^i + k_c^i)} + D(h(x_i, t) - h(x_i, t_0)), \quad (1)$$

в котором задан расходящийся тип диффузии. Здесь функция

$$\vartheta(x_i, x_j) = \frac{1}{\varepsilon \sqrt{\pi}} e^{-\frac{(x_i - x_j)^2}{\varepsilon^2}}$$

введена вместо дельта-функции. При $\varepsilon \rightarrow 0$ она асимптотически стремится к дельта-функции, что существенно упрощает процесс компьютерного моделирования.

Функция $f(x_i, x_j)$ характеризует взаимодействие между индивидами. Данное взаимодействие следует моделировать с помощью классического гауссова распреде-

ления, так как с точки зрения статической психологии оно является наиболее характерным для различных типов информационных взаимодействий индивидов [45,46]

$$f(x_i, x_j) = \frac{1}{u\sqrt{\pi}} e^{-\frac{(x_i-x_j)^2}{u^2}},$$

$$u = k_s^i k_c^i + k_s^j k_c^j,$$

достаточно широко встречаемым в различных социологических исследованиях. Здесь k_s^i – коэффициент научно-технологического прогресса и развития i -го индивида/группы индивидов; k_c^i – коэффициент социальной активности i -го индивида/группы индивидов; $\bar{\delta}$ – обратный символ Кронекера.

Коэффициенты k_s и k_c существуют для каждого индивида или группы в системе по отдельности, и суммарные коэффициенты всей системы получаются путём фрактального преобразования всех значений индивидов и кластеров системы [42-44].

Перемещение индивида описывается уравнением Ланжевена

$$\frac{dx_i}{dt} = k_s^i k_c^i \left(\sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\partial}{\partial x_j} h(x_j, t) \right) + \sqrt{2D} \xi_i(t), \quad (2)$$

в котором введена стохастическая сила $\xi_i(t)$, моделирующая случайный фактор в обществе и в частных случаях – внешнее влияние на индивидов.

При решении уравнений (1) и (2) необходимо учитывать также дифференциальное равенство

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\partial h}{\partial x_i} \frac{dx_i}{dt} + \frac{\partial h}{\partial t}.$$

В общем случае в качестве начальных условий для уравнений (1)–(3) можно выбрать следующее:

$$x_i|_{t=0} = x_{oi}, \quad h(x_i, t=0) = h_{oi}.$$

При этом следует задать область изменения характерных параметров $0 < k_c, k_s, D < 1$ (распределение по индивидам).

Приближенное решение системы

Для простейшей модели из двух взаимодействующих индивидов или двух консолидированных групп индивидов (то есть относящихся к одной социальной, религиозной, этнической и т.д. группе), предположительно находящихся в состоянии конфликта, с учётом внешнего влияния запишем уравнения (1) и (2) в следующем

виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial h(x_1, t)}{\partial t} = D[h(x_1, t) - h(x_1, 0)] + \alpha k_c^2 k_s^1 e^{-\frac{\psi^2+1}{\psi^2}(x_1-x_2)^2}, \\ \frac{\partial h(x_2, t)}{\partial t} = D[h(x_2, t) - h(x_2, 0)] + \alpha k_c^1 k_s^2 e^{-\frac{\psi^2+1}{\psi^2}(x_1-x_2)^2}, \\ \frac{dx_1}{dt} = k_c^1 k_s^1 \frac{\partial h(x_2, t)}{\partial x_2} + \sqrt{2D} \xi_1(t), \\ \frac{dx_2}{dt} = k_c^2 k_s^2 \frac{\partial h(x_1, t)}{\partial x_1} + \sqrt{2D} \xi_2(t), \end{array} \right. \quad (3)$$

где

$$\psi = k_c^1 + k_s^1 + k_c^2 + k_s^2, \quad \alpha = \frac{1}{\psi \sqrt{\pi}} \bar{\delta}_{k_c^1+k_s^1, k_c^2+k_s^2}.$$

С целью получения приближенных аналитических решений системы уравнений (3) воспользуемся разложением в ряд с точностью до величины первого порядка малости по $\Delta x = x_i - x_{oi}$, $\Delta t = t - t_o$ разности

$$h(x_i, t) - h(x_{oi}, t_o) \approx \left(\frac{\partial h}{\partial x_i} \right) \Big|_{t=0, x_i=x_{oi}} \Delta x + \left(\frac{\partial h}{\partial t} \right) \Big|_{t=0, x_i=x_{oi}} \Delta t. \quad (4)$$

Тогда, полагая, что имеют место следующие начальные условия:

$$x_{oi} = 0, h(x_{oi}, t_o) = \left(\frac{\partial h}{\partial x_i} \right) \Big|_{t=0, x_i=x_{oi}} = \left(\frac{\partial h}{\partial t} \right) \Big|_{t=0, x_i=x_{oi}} = 1, \quad (5)$$

с использованием (4), (5) проинтегрируем первые два уравнения системы (3) и получим следующее выражение:

$$h(x_i, t) = D \int_0^t x_i(u) du + D \frac{t^2}{2} + \alpha k_c^j k_s^i \int_0^t e^{-\frac{\psi^2+1}{\psi^2}(x_i(u)-x_j(u))^2} du, \quad (6)$$

$$j = 3 - i.$$

Используя выражение (6), последние два уравнения системы (3) можно, учитывая непрерывности всех функций, преобразовать к следующему виду:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = k_c^1 k_s^1 \left[Dt + 2\alpha k_c^1 k_s^2 \frac{\psi^2+1}{\psi^2} \int_0^t (x_1(u) - x_2(u)) e^{-\frac{\psi^2+1}{\psi^2}(x_1(u)-x_2(u))^2} du \right] + \sqrt{2D} \xi_1(t), \\ \frac{dx_2}{dt} = k_c^2 k_s^2 \left[Dt + 2\alpha k_c^2 k_s^1 \frac{\psi^2+1}{\psi^2} \int_0^t (x_2(u) - x_1(u)) e^{-\frac{\psi^2+1}{\psi^2}(x_1(u)-x_2(u))^2} du \right] + \sqrt{2D} \xi_2(t). \end{array} \right. \quad (7)$$

Продифференцировав (7) по времени перейдем к дифференциальным уравнениям следующего вида:

$$\begin{cases} \frac{d^2 x_1}{dt^2} = k_c^1 k_s^1 D + \frac{2\alpha (\psi^2 + 1) k_c^1 k_s^1 k_c^1 k_s^2}{\psi^2} (x_1 - x_2) e^{-\frac{\psi^2 + 1}{\psi^2} (x_1 - x_2)^2} + \sqrt{2D} \frac{d\xi_1(t)}{dt}, \\ \frac{d^2 x_2}{dt^2} = k_c^2 k_s^2 D + \frac{2\alpha (\psi^2 + 1) k_c^2 k_s^2 k_c^2 k_s^1}{\psi^2} (x_2 - x_1) e^{-\frac{\psi^2 + 1}{\psi^2} (x_1 - x_2)^2} + \sqrt{2D} \frac{d\xi_2(t)}{dt}. \end{cases} \quad (8)$$

С целью дальнейшего упрощения решения поставленной задачи предположим, что выполняется равенство действующих стохастических сил для индивидов или различных групп $\xi_1(t) = \xi_2(t)$. Тогда, вводя новые обозначения

$$\begin{aligned} y &= x_1 - x_2, \\ A &= D (k_c^1 k_s^1 - k_c^2 k_s^2), \\ B &= 2\alpha \frac{(\psi^2 + 1)}{\psi^2} (k_c^1 k_s^1 k_c^1 k_s^2 + k_c^2 k_s^2 k_c^2 k_s^1), \\ C &= \frac{\psi^2 + 1}{\psi^2}, \end{aligned}$$

после нахождения разности уравнений (8) получим уравнение следующего вида:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = A + B y e^{-C y^2}, \quad B > 0, \quad C > 0. \quad (9)$$

Перепишем теперь уравнение (9) в форме Коши

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = z, \\ \frac{dz}{dt} = A + B y e^{-C y^2}. \end{cases} \quad (10)$$

Уравнения (10) можно рассматривать как динамическую систему, которая описывает процесс взаимодействия двух индивидов или групп индивидов.

Как известно [47, 48], динамическая система описывает процесс перехода из одного состояния в другое. При этом фазовым портретом системы (10) будем называть совокупность всех ее состояний. Поиск ее состояний равновесия сводится к решению системы уравнений

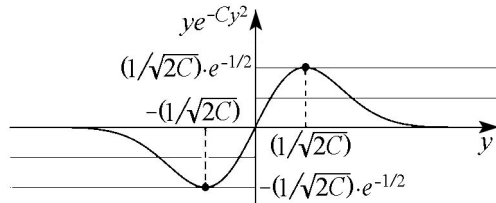


Рис. 1.

возможны: два состояния равновесия при выполнении условия

$$\begin{cases} z = 0, \\ y e^{-C y^2} = -\frac{A}{B}. \end{cases} \quad (11)$$

Решения системы (11) удобно представить графическим способом (рис. 1). Как следует из рисунка, воз-

$$-\sqrt{\frac{1}{2C}}e^{-\frac{1}{2}} < -\frac{A}{B} < \sqrt{\frac{1}{2C}}e^{-\frac{1}{2}}, \quad -\frac{A}{B} \neq 0, \quad (12)$$

одно состояние равновесия при выполнении одного из трёх равенств

$$-\frac{A}{B} = 0, \quad -\frac{A}{B} = \sqrt{\frac{1}{2C}}e^{-\frac{1}{2}}, \quad -\frac{A}{B} = -\sqrt{\frac{1}{2C}}e^{-\frac{1}{2}}, \quad (13)$$

состояния равновесия отсутствуют при выполнении условий, противоположных неравенствам (12),

$$-\frac{A}{B} < -\sqrt{\frac{1}{2C}}e^{-\frac{1}{2}}, \quad -\frac{A}{B} > \sqrt{\frac{1}{2C}}e^{-\frac{1}{2}}, \quad \frac{A}{B} \neq 0. \quad (14)$$

Поскольку система (10) консервативная, то имеет место закон сохранения энергии. В этом случае знание интеграла энергии системы позволит определить ее фазовые траектории. Как известно [10], в консервативной системе фазовые траектории являются линиями уровня функции потенциальной энергии, которая имеет вид

$$V = -\int_0^y (A + Bue^{-Cu^2}) du = -Ay + \frac{Be^{-Cy^2}}{2C}. \quad (15)$$

Для социальных систем понятие энергии или лишено смысла, или имеет иную трактовку. Между тем, их динамическое поведение качественно совпадает с поведением консервативных механических систем, и на фазовой плоскости имеет место одинаковое качественное поведение фазовых траекторий [46, с. 85]. Поскольку из параметров A, B, C только A может менять знак, то имеет смысл рассмотреть всего лишь две ситуации.

Ситуация 1: при выполнении условий

$$-\sqrt{\frac{1}{2C}}e^{-\frac{1}{2}} < -\frac{A}{B} < 0, \quad A > 0 \quad (16)$$

имеют место представленные на рис. 2 зависимости $V(y)$ и соответствующие ей фазовые траектории (здесь $\dot{y} = \partial y / \partial t$).

Ситуация 2: при выполнении условий

$$0 < -\frac{A}{B} < \sqrt{\frac{1}{2C}}e^{-\frac{1}{2}}, \quad A < 0 \quad (17)$$

имеет место представленная на рис. 3 зависимость $V(y)$ и соответствующие ей фазовые траектории.

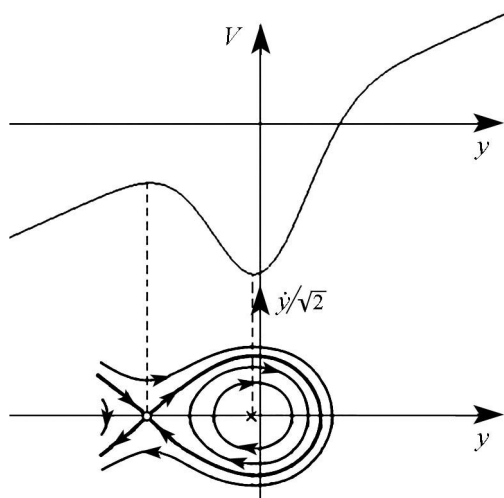


Рис. 2.

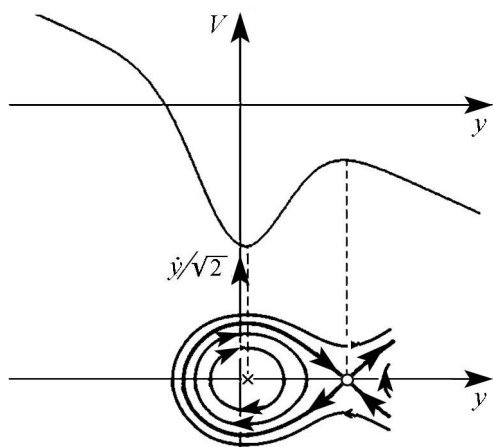


Рис. 3.

Из анализа полученных фазовых портретов можно сделать вывод, что существует определённая область устойчивости – область внутри замкнутой траектории, которой является устойчивая петля сепаратрисы. Границы данной области определяются значениями характерных параметров индивидов или их групп, а также социума в целом (параметры k_c, k_s, D). Данные коэффициенты, строго говоря, с течением времени могут меняться в результате взаимодействия индивидов, тем самым влияя на размеры и положение области устойчивости. Однако в данном исследовании был рассмотрен краткосрочный сценарий, поэтому их возможные изменения во времени считались несущественными.

Индивиды или группы индивидов, обладающие необходимыми параметрами для попадания в область устойчивости в начальный момент времени, не удаляются друг от друга на относительно большую социальную дистанцию в результате взаимного влияния друг на друга. Они остаются на расстоянии, в пределах которого возможны социальные связи и активный информационный обмен. Это можно трактовать как существование области взаимодействия,

параметризация которой делает относительно резкое изменение социальных координат (то есть конфликтное состояние) маловероятным или невозможным. Действительно, в обществе, где социальное и информационное соприкосновение, взаимопроникновение различных культур и этносов достаточно, где отдельные группы населения не обособляются, создавая замкнутые подсистемы (где условия существенно отличаются от основной системы), возможности для возникновения этносоциальных, религиозных и т.д. конфликтов сведены к относительно минимуму.

Вне области устойчивости фазовые траектории расходятся и незамкнуты. Индивиды/группы индивидов, попавшие за пределы этой области в начальный момент, с течением времени окажутся на относительно большой социальной дистанции, что соответствует увеличению социального и информационного «разрыва» между индивидами и/или группами индивидов. Именно данное состояние социальной системы можно охарактеризовать как конфликт и проявление существующих противоречий между индивидами и группами индивидов. Например, для этносоциальных

конфликтов это проявляется в минимализации социальных и культурных контактов между разными этническими группами, увеличении социально-экономического разрыва, нарастании противоречий и, как следствие, переход в фазу открытого противостояния с дестабилизацией социальной и политической системы в целом.

Заключение

Социальная гиперкластеризация общества, резкое разделение в информационной и социальной среде существования индивидов, культурная и межнациональная разобщённость создают идеальные условия для социального конфликта. Предупреждение же конфликтов в обществе, определение их граничных условий их возникновения и поиск наиболее эффективных сценариев пресечения является важной задачей для современных социальных наук.

- В данной статье были кратко рассмотрены основные подходы к моделированию в социальных науках, проблемы определения социального конфликта и основные его концепции. Дано формализованное определение одного из параметров, приводящего к конфликту в социальной системе.
- Предложена математическая модель, основанная на уравнении Ланжевена, приведено аналитическое решение в первом приближении для расходящегося типа диффузии.
- Показано, что разработанная модель даже на простом примере двух взаимодействующих групп индивидов позволяет выявить характерные закономерности конфликта в социальной системе, определить влияние социальной дистанции в обществе на условия генерации подобных процессов с учётом внешнего влияния и случайного фактора. В частности, выше были установлены конкретные граничные условия, определяемые параметрами социальной системы и внешним воздействием, при которых создаются основания для возникновения социального конфликта.
- В результате моделирования обнаружена характерная область устойчивости для социальной системы, определяемая фазовыми траекториями. В данной области между исследуемыми объектами сохраняется достаточно малая социальная дистанция, что характерно для активно взаимодействующих, находящихся в постоянном информационном контакте, групп населения.

Результаты проведённых исследований позволят в дальнейшем перейти к решению общих задач для множества индивидов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 15-18-00047).

Библиографический список

1. Петухов А.Ю. 2015. Концепция социального конфликта: Социально-энергетический подход // Вектор науки ТГУ. № 3–2 (33-2). С. 240–245.

2. *Козер Л.А.* Функции социального конфликта / Пер. с англ. О.Назаровой; Под общ. ред. Л.Г. Ионина. М.: Идея-пресс, Дом интеллектуальной книги, 2000. С. 340.
3. *Дарендорф Р.* Элементы теории социального конфликта // Социс (Социологические исследования). 1994. № 5. С. 142–147.
4. *Боулдинг К.* Общая теория систем – скелет науки // Исследования по общей теории систем. М.: Наука, 1969. С. 171–182.
5. *Давыдов С.А.* Социология. Конспект лекций. М.: Эксмо, 2008. 160 с.
6. *Перов Е.В.* Мониторинг социальной конфликтности общества // Национальная безопасность / nota bene. 2014. № 4. С. 574–583.
7. *Кравченко А.И.* Социология девиантности. М.: МГУ, 2003. 727 с.
8. *Кирилюк И.Л., Малков С.Ю., Малков А.С.* Экономическая динамика Мир-Системы: Взаимодействие стран с разным уровнем развития // История и математика: Модели и теории / Отв. ред. Л.Е. Гринин, А.В. Коротаев, С.Ю. Малков. М.: Издательство ЛКИ, 2008. С. 102–119.
9. *Шабров О.Ф.* Системный подход и компьютерное моделирование в политологическом исследовании // Общественные науки и современность. 1996. № 2. С. 100–110.
10. *Глушков В.М.* Гносеологическая природа информационного моделирования // Вопросы философии. 1963. № 10. С. 131–139.
11. *Блауберг И.В., Юдин Э.Г.* Становление и сущность системного подхода. М., 1973. С. 301.
12. *Саати Т.Л., Кернс К.К.* Аналитическое планирование: Организация систем. М., 1991. С. 259.
13. *Lincoln P. Bloomfield* Managing international conflict. From theory to policy: A teaching tool using CASCON. N.Y., 1997. С. 234.
14. *Плотинский Ю.М.* Модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. М.: Логос, 2001.
15. *Малков С.Ю.* Математическое моделирование исторической динамики: Подходы и процессы / Ред. М. Г. Дмитриев. М.: РГСУ, 2004.
16. *Эбелинг В.* Образование структур при необратимых процессах: Введение в теорию диссипативных структур. М.: Мир, 1979.
17. *Анатомия кризисов.* М.: Наука, 2000.
18. *Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С.* Математическая биофизика. М.: Наука, 1984.
19. *Мелик-Гайказян И.В.* Информационные процессы и реальность. М.: Наука, Физматлит, 1998.
20. *Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М.: Мир, 1985.
21. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979.

22. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. М.: Мир, 1990.
23. *Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б.* Современные проблемы нелинейной динамики. М.: Эдиториал УРСС, 2000.
24. *Малинецкий Г.Г.* Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Введение в нелинейную динамику. М.: Наука, 1997.
25. *Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С.* Введение в синергетику. М.: Наука, 1990.
26. *Дмитриев А.С., Старков С.О., Широков М.Е.* Синхронизация ансамблей связанных отображений // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1996. Т. 4, № 4–5. С. 40.
27. Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур/ Ред. С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий / Кибернетика: Неограниченные возможности и возможные ограничения. М.: Наука, 1996. 263 с.
28. *Алексеев Ю.К., Сухоруков А.П.* Введение в теорию катастроф. М.: Изд-во МГУ, 2000.
29. *Постон Т., Стюарт И.* Теория катастроф и ее приложения. М.: Мир, 1980.
30. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. М.: Наука, 2000.
31. *Holyst J.A., Kacperski K., Schweitzer F.* Phase transitions in social impact models of opinion formation // Physica. 2000. Vol. A285. P. 199–210.
32. *Михайлов А.П.* Моделирование системы «власть–общество». Нижний Тагил: Нижнетагильская гос. соц.-пед. академия [и др.], 2006.
33. *Михайлов А.П., Горбатилов Е.А.* Базовая модель дуумвирата в системе «власть–общество» // Матем. моделирование. 2012. Vol. 24, № 1. P. 33–45.
34. *Михайлов А.П., Петров А.П.* Поведенческие гипотезы и математическое моделирование в гуманитарных науках // Матем. моделирование. 2011. Vol. 23, № 6. P. 18–32.
35. *Bonabeau E.* Agent-based modeling: A revolution? // Proc. National Academy of Sciences 99. Suppl. 3. 2002. 7199–200.
36. *Casti J.* Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems // Proc. National Academy of Sciences 99. 1997. 7280–7.
37. *Wiley Gilbert N., Troitzsch K.G.* Would-Be Worlds: How Simulation is Changing the World of Science. New York, 1999.
38. *Charles M., North M.* Simulation for the Social Scientist. Tutorial on Agent-based Modeling and Simulation // Buckingham: Open University Press, Proc. 2005. Winter Simulation Conference, Orlando, FL, Dec. 2005, 4–7. Pp. 2–15. Available at <http://www.informssim.org/wsc05papers/002.pdf>.
39. *Charles M., North M.* Tutorial on Agent-based Modeling and Simulation. Part 2: How to Model with Agents // Proc. 2006 Winter Simulation Conference, L.F. Perrone, F.P. Wieland, J. Liu, B.G. Lawson, D.M. Nicol, and R.M. Fujimoto, eds., Monterey, CA, Dec 2006, 3–6.
40. *Prietula M.J., Carley K.M., Gasser L., eds.* Simulating Organizations: Computational Models of Institutions and Groups. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.

41. Гуц А.К., Коробицын В.В. и др. Математические модели социальных систем: Учебное пособие. Омск: Омский гос. университет, 2000.
42. Петухов А.Ю. Моделирование социальных и политических процессов в условиях информационных войн. Социально-энергетический подход // *Fractal Simulation*. 2012. Т. 3, № 1. С. 16–32.
43. *Petukhov A.Y.* Modeling of branched chain reactions in political and social processes // *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2015. Vol. 11, Issue 5. P. 3401–3408.
44. *Petukhov A.Y., Polevaya S.A., Yakhno V.G.* The theory of information images: Modeling based on diffusion equations // *Int. J. Biomath*. 2016. 09. 1650087. DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S179352451650087X>
45. *Ермолаев О.Ю.* Математическая статистика для психологов. М.: МПСИ, Флинта, 2002. 325 с.
46. *Наследов А.Д.* Математические методы в психологическом исследовании: Анализ и интерпретация данных / СПб: Речь, 2004.
47. *Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э.* Теория колебаний. 2-е изд., перераб. и испр. М.: Наука, 1981. 918 с.
48. *Горяченко В.Д.* Элементы теории колебаний: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2001. 395 с.

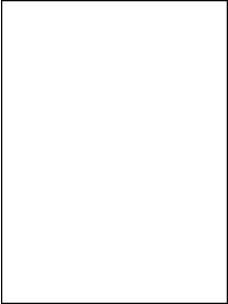
Поступила в редакцию 13.09.2016
После доработки 14.11.2016

References

1. *Petukhov A.Y.* The Concept of Social Conflict: A Social-energy approach // *Vector of Science TSU*. 2015. Issue 3–2 (33-2). С. 240–245 (in Russian).
2. *Coser L.A.* Functions of Social Conflict / Transl. From Engl. By O. Nazarova; Under Edit. L.G. Ionin. Moscow: Idea-Press, House of Intellectual Book, 2000. P. 340 (in Russian).
3. *Darendorf R.* Elements of the Theory of Social Conflict // *Socis (Sociological Studies)*. 1994. Issue 5. P. 142–147 (in Russian).
4. *Boulding K.* General Theory of Systems – The Skeleton of Science Studies on the General Theory of Systems. М.: Nauka, 1969. P. 171–182 (in Russian).
5. *Davydov S.A.* Sociology. Summary of the Lectures. М.: Eksmo, 2008. 160 p. (in Russian).
6. *Perov Y.V.* Monitoring social conflictogenity of society National Security // *Nota Bene*. 2014. Issue 4. P. 574–583 (in Russian).
7. *Kravchenko A.I.* Sociology of Deviantness. М.: MSU, 2003. 727 p. (in Russian).
8. *Malkov V.P.* Mathematical Modeling of Historical Dynamics: Approaches and Models. М., 2009 (in Russian).
9. *Shabrov O.F.* A system approach and computer modeling in political science research // *Social Sciences and Contemporaneity*. 1996. Issue 2. P. 100–110 (in Russian).

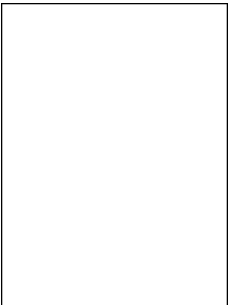
10. *Mason J.W.D.* Consciousness and the structuring property of typical data // *Complexity*. 2013. Vol. 18, Issue 3. P. 28–37, January/February. DOI: 10.1002/cplx.21431
11. *Blauberg I.V., Yudin E.G.* Establishing and Essence of the System Approach. M., 1973. P. 301 (in Russian).
12. *Saati T.L., Kerns K.K.* Analytical Planning: Organization of Systems. M., 1991. P. 259 (in Russian).
13. *Lincoln P. Bloomfield* Managing International Conflict. From Theory to Policy: A Teaching Tool Using CASCON. N.Y., 1997. P. 234.
14. *Plotnitskiy Yu.M.* Models of Social Processes: Textbook for Higher Education Institutions. M., Logos, 2001 (in Russian).
15. *Malkov S.Yu.* Mathematical Modeling of Historical Dynamics. Approaches and Processes. Edit. M. G. Dmitriyev. M.: RGSU, 2004 (in Russian).
16. *Ebeding V.* Formation of Structures under Irreversible Processes. Introduction into the Theory of Dissipative Structures. M.: Mir, 1979 (in Russian).
17. Anatomy of Crisis. M.: Nauka, 2000 (in Russian).
18. *Romanovskiy Yu.M., Stepanova N.V., Chernavskiy D.S.* Mathematical Biophysics. M.: Nauka, 1984 (in Russian).
19. *Melik-Gaykazyan I.V.* Informational Processes and Reality. M.: Nauka, Fizmatlit, 1998 (in Russian).
20. *Haken H.* Synergetics. Hierarchy of Instabilities in Self-Organizing Systems and Devices. M.: Mir, 1985 (in Russian).
21. Self-Organization in Non-Equilibrium Systems. M.: Mir, 1979 (in Russian).
22. *Nilolis G., Prigozhin I.* Cognition of the Complex. M.: Mir, 1990 (in Russian).
23. *Malinetskiy G.G., Potapov A.B.* Contemporary problems of Nonlinear Dynamics. M.: Editorial URSS, 2000 (in Russian).
24. *Malinetskiy G.G.* Chaos, Structures, Computation Experiment. Introduction into Nonlinear Dynamics. M.: Nauka, 1997 (in Russian).
25. *Loskutov A.Yu., Mikhailov A.S.* Introduction into Synergetics. M.: Nauka, 1990 (in Russian).
26. *Dmitriyev A.S., Starkov S.O., Shirokov M.E.* Synchronization of ensembles of couples mappings // *Izvestiya Vuzov. Applied Nonlinear Dynamics*. 1996. Vol. 4, Issue 4–5. P. 40 (in Russian).
27. The New in Synergetics. Mysteries of the World of Non-Equilibrium Systems. M.: Nauka, 1996 (in Russian).
28. *Alekseyev Yu.K., Sukhorukov A.P.* Introduction into the Catastrophe Theory. M.: MSU Publishers, 2000 (in Russian).
29. *Poston T., Stewart I.* The Catastrophe Theory and its Applications. M.: Mir, 1980 (in Russian).
30. Controlling Risk: Risk. Stable development. Synergetics. M.: Nauka, 2000 (in Russian).
31. *Holyst J.A., Kacperski K., Schweitzer F.* Phase transitions in social impact models of opinion formation // *Physica*. 2000. Vol. A285. P. 199–210.

32. *Mikhailov A.P.* Modeling the «Power–Society» System. Nizhniy Tagil: State Soc.-Ped. Academy [et al.], Nizhniy Tagil, 2006 (in Russian).
33. *Mikhailov A.P., Gorbatikov E.A.* A basic model of the duumvirate in the «Power-Society» system // *Mathematical Modeling*. 2012. Vol. 24, Issue 1. P. 33–45 (in Russian).
34. *Mikhailov A.P., Petrov A.P.* Behavioristic hypotheses and mathematical modeling in humanitarian sciences // *Math. Modeling*. 2011. Vol. 23, Issue 6. P. 18–32 (in Russian).
35. *Bonabeau E.* Agent-based modeling: A revolution? // *Proc. National Academy of Sciences* 99, Suppl. 3: 2002. 7199-200.
36. *Casti J.* Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proc. National Academy of Sciences* 99: 7280-7, 1997.
37. *Wiley Gilbert N., Troitzsch K.G.* Would-Be Worlds: How Simulation Is Changing the World of Science. New York, 1999.
38. *Charles M., North M.* Simulation for the Social Scientist. Tutorial on Agent-based Modeling and Simulation // Buckingham: Open University Press, Proc. 2005. Winter Simulation Conference, Orlando, FL, Dec. 2005, 4–7. P. 2–15. Available at <http://www.informssim.org/wsc05papers/002.pdf>.
39. *Charles M., North M.* Tutorial on Agent-based Modeling and Simulation. Part 2: How to Model with Agents // *Proc. 2006 Winter Simulation Conference*, L.F. Perrone, F.P. Wieland, J. Liu, B.G. Lawson, D.M. Nicol, and R.M. Fujimoto, eds., Monterey, CA, Dec 2006, 3–6.
40. *Prietula M.J., Carley K.M., Gasser L., eds.* Simulating Organizations: Computational Models of Institutions and Groups. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.
41. *Gutz A.K., Korobitsyn V.V. et al.* Mathematical Models of Social Systems Textbook. Omsk: Omsk State University, 2000 (in Russian).
42. *Petukhov A.Y.* Modeling Social and Political Processes in the Conditions of Informational Wars // *Social-Energy Approach Fractal Simulation*. 2012. Vol. 3, Issue 1. P. 16–32 (in Russian).
43. *Petukhov A.Y.* Modeling of branched chain reactions in political and social processes // *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2015. Vol. 11, Issue 5. P. 3401–3408.
44. *Petukhov A.Y., Polevaya S.A., Yakhno V.G.* The theory of information images: Modeling based on diffusion equations // *Int. J. Biomath.* 2016. 09. 1650087. DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S179352451650087X>
45. *Ermolaev O.* Mathematical Statistics for Psychologists. M.: SAG, Flinta, 2002. 325 p. (in Russian).
46. *Heritage A.D.* Mathematical Methods in Psychological Research. Analysis and Interpretation of Data. SPb: Rech, 2004. (in Russian).
47. *Andronov A.A., Vitt A.A., Haykin S.E.* The Theory of Oscillations. 2-nd edition, revised and corrected. M.: Nauka, 1981. 918 p. (in Russian).
48. *Goryachenko V.D.* Elements of the Theory of Oscillations: Textbook. 2-nd edition, revised and added. M.: Higher School, 2001. 395 p. (in Russian).



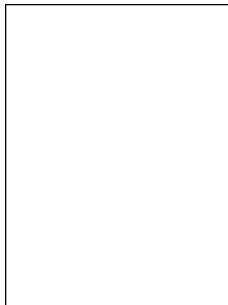
Петухов Александр Юрьевич родился в 1987 году в Горьком (Нижний Новгород). Закончил радиофизический факультет Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (2009). В 2011 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата политических наук в ННГУ в области моделирования процессов манипуляции сознанием в обществе. В 2015 году принял обязанности руководителя научно-исследовательской лаборатории «Моделирования социальных и политических процессов», также работает в ННГУ на должности доцента. Автор монографии на тему моделирования социальных и политических процессов. Опубликовал более 60 статей в рецензируемых научных изданиях.

Россия, 603950 Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского
E-mail: Lectortg@yandex.ru



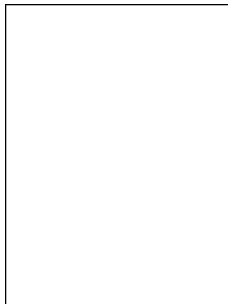
Мальханов Алексей Олегович родился в 1984 году в Кстово Горьковской области, окончил Нижегородский государственный университет (2007). После окончания работает старшим научным сотрудником в Институте Проблем Машиноведения РАН. Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в ННГУ (2010) в области механики деформируемого твердого тела. Опубликовано более 50 статей в рецензируемых научных изданиях.

Россия, 603950 Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского
E-mail: alexey.malkhanov@gmail.com



Сандалов Владимир Михайлович родился в 1942 году в Кировской области, окончил Горьковский госуниверситет им.Н.И. Лобачевского (1965). После окончания университета работал в нем доцентом и старшим научным сотрудником. Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (1983) в области теории колебаний, динамики и прочности турбомашин. Получил звание доцента (1987). Опубликовал свыше 60 научных статей по теории колебаний, устойчивости и теории управления динамических систем.

Россия, 603950 Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского
E-mail: granel09@gmail.com



Петухов Юрий Васильевич родился в 1952 году в Гусь-Хрустальном Владимирской области. Окончил физический факультет (1976). Защитил диссертацию на соискание научной степени кандидата физико-математических наук (1985, ИПФ РАН) на тему распространения волн в океане. Защитил диссертацию на соискание научной степени доктора физико-математических наук (1993, ИПФ РАН) на тему «Влияние нелинейности, стратификации и границ раздела сред на распространение акустических волн в океане и атмосфере». Работал и работает на должностях главный и ведущий научный сотрудник в Институте прикладной физики РАН, Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского, Нижегородском радиофизическом институте. Руководил отделом теоретической физики ИПФ РАН. Автор и соавтор 3 монографий. Опубликовано более 150 статей в рецензируемых научных изданиях.

Россия, 603950 Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского
E-mail: yuvpetukhov@ya.ru