

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Клиньшова Владимира Викторовича на тему «Колебания в сложных системах с импульсными взаимодействиями», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03-радиофизика

Исследование коллективной динамики в ансамблях (сетях) нелинейных колебательных систем – большое направление исследований в радиофизике, нелинейной теории колебаний и теории динамических систем. В последние два-три десятилетия активно развиваются методы исследования достаточно широких классов таких ансамблей, изучаются условия синхронизации и десинхронизации, выделяются новые типы динамических режимов с различной степенью пространственной и временной сложности (например, различные виды «химер»), и т.д. Такие результаты востребованы при исследовании реальных сложных систем из различных научных и технических областей, включая нейронауку, энергетику, науку о климате и т.д. При этом для существенного продвижения в понимании механизмов формирования различных динамических режимов необходимо использовать упрощенные (редуцированные) модели сетей, понижая размерность модели отдельного узла сети, используя осредненные переменные и т.п. Однако далеко не всегда ясно, как эффективно и обоснованно провести такую редукцию. В работе В.В. Клиньшова предложен ряд способов такой редукции для широкого класса объектов, а именно для сетей с импульсными (запаздывающими) взаимодействиями. Автором широко используется редукция к фазовому описанию динамики отдельного узла сети (даже при сильных возмущениях в результате импульсов воздействия), снижение размерности описания за счет учета лишь моментов генерации импульсов узлами (а не полных состояний узлов), приближение среднего поля, и др. Приводится как строгое аналитическое обоснование применимости таких приближений, так и численные методы для эффективного расчета характеристик динамики на практике. Все это свидетельствует о высокой степени **актуальности и научной значимости** диссертационной работы, а также о ее соответствии специальности 01.04.03 – «радиофизика».

В первой главе диссертационной работы рассматривается отклик динамической системы на воздействие сильных импульсных сигналов в двух случаях: без переключения между аттракторами и при наличии таких переключений. Для описания сдвига фазы в первом случае предложена функция переустановки фазы, для описания динамики во втором случае – специальные характеристики «порог устойчивости» и «порог переключения». Во второй главе рассмотрена динамика малых ансамблей нелинейных систем с им-

пульсными запаздывающими связями. Показана и охарактеризована мультистабильность в зависимости от величины запаздывания, изучены условия синхронизации. В третьей главе рассмотрена динамика больших сетей с импульсными запаздывающими связями (однонаправленными в кольце или «каждый с каждым»). Показаны условия синхронизации, механизм дестабилизации синхронного режима «через проскальзывание фазы», наличие гистерезиса при переходе от стационарного к колебательному режиму. В четвертой главе рассмотрены сети активных элементов с кластерной структурой связей. Предложены среднеполевые редуцированные модели, которые адекватно описывают наблюдаемую динамику. Показаны условия существования различных уровней локализованной активности элементов и переходов между этими уровнями.

Все полученные в диссертации результаты обладают высокой степенью **научной новизны**. Их **достоверность** подтверждается соответствием результатов аналитических выкладок, численных расчетов и радиофизических экспериментов. **Практическая значимость** результатов состоит в том, что на основе предложенных редуцированных моделей можно проводить как качественное исследование наблюдаемых явлений в сетях нелинейных элементов (нейронов, различных структур мозга и т.п.), так и их эмпирическое моделирование по наблюдаемым данным, т.к. при выборе структуры эмпирической модели можно ориентироваться на предложенный в диссертации формализм.

Диссертация представляет собой цельное исследование, развернутое весьма логично от главы к главе. При ценности всех результатов работы, в качестве одного из наиболее интересных отмечу моделирование сетей с кластерной структурой связей при использовании стохастического описания (т.е. при существенном учете шумов) и редукции описания к первым двум моментам в четвертой главе.

В связи с краткостью изложения по автореферату возникли следующие **вопросы**. Что означает «матрица порогов переключения» (с.11), почему нельзя ограничиться одним порогом? Неясно выражение, что седло-узловые бифуркации синхронного решения, которые имеют место на границах зон синхронизации, «могут происходить и внутри зон синхронизации» (с.13). Означает ли это, что внутри зоны синхронизации одного режима имеют место бифуркации других режимов или что-то еще?

Знакомство с авторефератом диссертации и многими работами автора позволяет заключить, что автором проделана большая работа и решена крупная задача, состоящая в комплексном исследовании динамики сетей с запаздывающими взаимодействиями на основе редуцированных динамических моделей. Результаты широко представлены научной общественности, в частности опубликовано более тридцати статей в журналах, рекомендованных ВАК, сделаны доклады на многих авторитетных российских и международных

конференциях. Следует отметить, что большая часть статей опубликована в журналах первого квартала (Physical Review E, Chaos и др.), в том числе имеется две публикации в Physical Review Letters. Это подчеркивает исключительно высокий уровень квалификации и творческих возможностей автора.

Опираясь на сказанное выше, можно заключить, что полученные автором результаты составляют новое крупное научное достижение в области радиофизики. Полагаю, что диссертация «Колебания в сложных системах с импульсными взаимодействиями» содержит необходимую совокупность оригинальных научных результатов, обобщений и выводов и удовлетворяет всем требованиям пп. 9 – 11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (в редакции 2017 г.), предъявляемых к докторским диссертациям, а ее автор Клинышов Владимир Викторович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика».

23.08.2021

Ведущий научный сотрудник Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
доктор физико-математических наук (специальность 01.04.03 – радиофизика),
профессор РАН

Смирнов Дмитрий Алексеевич

Почтовый адрес: 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, д. 38, СФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Телефон: +7-8452-391255. E-mail: smirnovda@yandex.ru.

Подпись Смирнова Дмитрия Алексеевича заверяю,
зам. директора СФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН



Фатеев Д.В.