

## **Отзыв официального оппонента**

на диссертационную работу Семеновой Надежды Игоревны  
**«Возвраты Пуанкаре в эргодических системах»**, представленную на  
соискание степени кандидата физико-математических наук по специальностям  
01.04.03 – "Радиофизика"

Диссертация Н.И. Семеновой посвящена фундаментальной проблеме современной статистической радиофизики и нелинейной динамики — статистике времен возвратов Пуанкаре в динамических системах без перемешивания. Эта проблема недостаточно изучена в математической и радиофизической литературе, где основной упор делался на хаотические системы с перемешиванием. Прикладное значение данной проблемы обусловлено использованием статистики времен возврата Пуанкаре для решения задач диагностики динамики систем: оценки размерности, старшего показателя Ляпунова и степени синхронизации. Таким образом, задача, сформулированная в диссертации, несомненно является важной и актуальной как для теоретической статистической радиофизики и нелинейной динамики, так и для практических приложений.

В диссертации Н.И. Семеновой решается задача о применимости теории возвратов Пуанкаре к радиофизическим системам, демонстрирующим эргодическую динамику без перемешивания. Выбор моделей для исследования, отображение окружности, неавтономный генератор Ван дер Поля и неавтономный консервативный осциллятор, вполне обоснован.

Основным результатом работы является открытие и детальное описание фундаментальной закономерности в теории возвратов Пуанкаре - так называемой «Лестницы Фибоначчи» - ступенчатой зависимости среднего минимального времени возврата Пуанкаре от размера области возврата. Этот результат является принципиально новым, и, насколько я знаю, до настоящего времени не опубликован ни в работах с численным моделированием, ни в работах с аналитическим исследованием статистики времен возврата.

Первая глава диссертации является центральной и содержит основные результаты работы. Показывается, что количественные характеристики «Лестницы Фибоначчи» определяются числом вращения в системе. Например, при золотом сечении средние минимальные времена возвратов Пуанкаре, соответствующие ступенькам, являются числами ряда Фибоначчи. Аналитически выводится закон, по которому вычисляется размер области возврата, соответствующий переходу на новую ступеньку в «Лестнице Фибоначчи». Эта зависимость полностью совпала с результатами численного моделирования. Важным и интересным представляется исследование среднего минимального времени возврата Пуанкаре и калибровочных функций в оценки размерности Афраймовича-Песина для разных типов иррационального числа вращения. Кроме того, в первой главе исследуется влияние нелинейности и шума на «Лестницу Фибоначчи».

В следующих двух главах показывается, что «Лестница Фибоначчи» может быть получена и в других системах. Во второй главе рассматривается

применимость результатов первой главы к диссипативным системам на примере радиофизической системы, неавтономного генератора Ван дер Поля, а в третьей - к гамильтоновым системам на примере неавтономного консервативного осциллятора. Показывается, что в обоих случаях «Лестница Фибоначчи» может быть получена, но сама зависимость имеет особенности, которые детально исследованы. В обеих главах для построения «Лестницы Фибоначчи» требуется высокая точность задания числа вращения, что с точки зрения численного моделирования требует длительных вычислений. Численно показано, что величина размерности Афраймовича-Песина равна единице, то есть совпадает с теоретическим результатом первой главы.

Как по любому содержательному и интересному исследованию, по данной диссертационной работе можно сформулировать критические замечания.

1. В работе отсутствует описание методов и параметров численного моделирования. Например, не указаны длины реализаций, методы расчета плотности вероятности, методы интегрирования потоковых моделей и т.д.
2. Плотности вероятности линейного отображения с шумом, показанные на Рис.1.21, вызывают вопрос. Непонятно, чем вызваны неравномерности плотности вероятности, показанные на рисунке и упоминающиеся в тексте. Представляется, что плотность вероятности линейного отображения окружности с шумом должна быть равномерной. Развернутое линейное отображение (1.57) (т.е. без  $\text{mod } 2\pi$ ) описывается нестационарным гауссовым

процессом с линейно растущей дисперсией. Соответствующая плотность вероятности — гауссово, которое должно дать равномерное распределение после упаковки в отрезок  $[0, 2\pi]$ .

3. В Главе 3 введение «Гамильтоновы системы» (3.2.1) представляется излишним. Гамильтониан (3.10) записан неверно, так как гамильтониан является функцией обобщенных координат и импульсов.

4. Исследование времен возвратов для консервативных систем проведено только на примере математического маятника с внешней периодической силой. В этой связи не совсем ясно насколько общи результаты 3-й главы. Представляется интересным исследование статистики периодов возврата для других консервативных систем, например для стандартного отображения Чирикова.

Отмеченные недостатки не снижают моей высокой оценки работы в целом. Диссертация Н.И. Семеновой является несомненно законченным научным исследованием актуальной проблемы. Работа выполнена на высоком уровне, содержит принципиально новые результаты и очень хорошо написана. Цель, задачи, результаты и положения выносимые на защиту четко сформулированы. Автореферат хорошо отражает материал диссертации. Результаты работы опубликованы в 7 статьях в ведущих журналах по нелинейной динамике, включая обзор в одном из самых престижных физических журналов, Physics Reports, что подтверждает высокий уровень исследований, квалификацию автора и новизну результатов. Личный вклад

автора описан ясно и однозначно. Результаты работы докладывались на четырех международных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям пп. 9-14. «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Семенова Надежда Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – "Радиофизика".

Официальный оппонент,  
профессор факультета физики и астрономии  
университета Огайо (США), д.ф.-м.н  
эл. почта: neimana@ohio.edu  
тлф.: +1-740-593-1701  
Department of Physics and Astronomy  
Ohio University  
Athens, Ohio 45701, USA



Нейман Александр Борисович

STATE OF OHIO

COUNTY OF ATHENS

The foregoing instrument was acknowledged, subscribed and sworn to before me this 30th day of May, 2017, by Alexander Neiman

My commission expires: 9/30/20

*Recorded in Gallia County, Ohio*

  
Notary Public

