



Phone: +49/30/2093 7608

Fax: +49/30/2093 7638

E-mail: zaks@physik.hu-berlin.de

Address: Dr. rer. nat. habil. Michael Zaks  
Theory of Complex Systems  
and Neurophysics,  
Institut für Physik,  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Newtonstr. 15,  
12489 Berlin, Germany

Date: September 30, 2021

Отзыв на диссертацию В.В. КЛИНЬШОВА  
КОЛЕБАНИЯ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ С ИМПУЛЬСНЫМИ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ,

представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

Природные явления и технические эффекты самых различных пространственных масштабов – от потенциалов действия, возникающих на мембранах индивидуальных нейронов в человеческом мозгу, до тектонических процессов, охватывающих целые континентальные плиты – буквально пронизаны автоколебательными процессами, когда осцилляции вызваны не регулярно изменяющейся внешней силой, а особенностями взаимодействия внутренних частей систем. Часто возникает необходимость в описании ансамблей автоколебательных элементов, связанных друг с другом различными механизмами взаимодействия, причем величина такого ансамбля может быть как малой (два контура с индуктивной связью), так и очень большой (кора головного мозга с миллиардами нервных клеток). Весьма распространены ситуации, когда взаимодействие между элементами присутствует не постоянно, а локализовано во времени, причем большую часть времени элементы ансамбля можно считать эффективно разъединенными; такое взаимодействие естественно назвать импульсным. Многие коллективные явления в таких ансамблях – синхронизация, различные волновые процессы – хорошо поняты, но имеется и множество актуальных задач, решения которых еще неизвестны или известны лишь приблизительно. Решению ряда таких задач посвящены исследования В.В. Клиньшова, которые он проводил на протяжении ряда лет, и которые теперь сведены им в докторскую диссертацию.

Среди многих результатов, полученных диссертантом и включенных им в диссертацию, следует выделить введение и использование *функции переустановки фазы*. Эта функция естественным образом обобщает популярный в описаниях фазовых осцилляторов инструмент: кривую переустановки фазы (phase response curve), и позволяет учесть не только единичное импульсное воздействие на систему, но совокупность нескольких таких воздействий, таким образом заметно расширяя диапазон применимости фазового приближения. Среди дальнейших нововведений, предложенных и успешно опробованных В.В.Клиньшовым, следует упомянуть эмпирические характеристики мультистабильных систем: *порог устойчивости*, характеризующий минимальное импульсное воздействие, способное вывести систему из бассейна притяжения одного из аттракторов, и *интервальную устойчивость*, для которой возвращение в малую окрестность аттрактора должно происходить достаточно быстро.

Перспективным представляется также предложенный диссертантом метод сведения динамики сетевых систем с запаздывающими импульсными связями к дискретному отображению

высокой размерности. Интересно, что импульсный характер взаимодействия в какой-то степени компенсирует эффект задержки, сохраняя конечномерный характер динамики.

Интересен также и бифуркационный анализ влияния неоднородности параметров на динамику сети активных элементов, в которой запаздывающие связи носят глобальный характер. Из-за неоднородности, синхронизация узлов такой сети может быть лишь частичной, но и в асинхронном режиме активность узлов характеризуется высокой степенью временной корреляции.

Среди работ диссертанта, посвященных сетям с кластерной структурой связей, отметим предложенное им объяснение спонтанных переключений между *up*- и *down*-состояниями, где случайные факторы по сути вызваны конечностью размеров системы.

Работы В.В.Клиньшова вызвали интерес у широкой научной общественности и получили заслуженную высокую оценку, они неоднократно докладывались и обсуждались на различных конференциях (упомяну в этой связи его относительно недавний дистанционный доклад в берлинском университете им. Гумбольдтов на семинаре нашей исследовательской группы), а список его публикаций включает многочисленные статьи в журналах с самой высокой репутацией.

По моему мнению, безусловно разделяемому коллегами по группе Теории сложных систем и нейрофизики Берлинского университета им.Гумбольдтов, исследования В.В.Клиньшова относятся к одной из самых "горячих" областей нелинейной физики, проведены им на самом высоком уровне и безусловно отвечают требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.



М.А. Зак

Группа "Теория сложных систем и нейрофизика",  
Институт Физики,  
Берлинский Университет им. Гумбольдтов.

Берлин, 30 сентября 2021г.