



Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2025. Т. 33, № 4
Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Applied Nonlinear Dynamics. 2025;33(4)

Редакторская заметка

DOI: 10.18500/0869-6632-003189
EDN: DLWSDE

В. С. Афраимович: к 80-летию со дня рождения

Л. М. Лерман¹✉, В. И. Некоркин²

¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Нижний Новгород, Россия

²Институт прикладной физики имени А. В. Гапонова-Грехова РАН, Нижний Новгород, Россия

E-mail: ✉lermal@mm.unn.ru, vnekorkin@appl.sci-nnov.ru

Поступила в редакцию 11.07.2025, опубликована 31.07.2025

Для цитирования: Лерман Л. М., Некоркин В. И. В. С. Афраимович: к 80-летию со дня рождения // Известия вузов. ПНД. 2025. Т. 33, № 4. С. 431–434. DOI: 10.18500/0869-6632-003189. EDN: DLWSDE

For citation: Lerman LM, Nekorkin VI. V. S. Afraimovich: On the 80th anniversary of the birth. Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics. 2025;33(4):431–434. DOI: 10.18500/0869-6632-003189

Благодарности. Л. М. Л. благодарит за поддержку программу фундаментальных исследований ВШЭ.

Статья опубликована на условиях Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0).

В этом году исполнилось 80 лет со дня рождения нашего близкого друга и замечательного ученого Валентина Сендеровича Афраимовича (2.04.1945–21.02.2018). В. С. Афраимович, или, как ласково звали его друзья, Валечка, родился в интеллигентной семье с корнями в городе Богородске Нижегородской (тогда — Горьковской) области. После окончания в 1963 году богородской школы № 3 Валя поступал на мехмат МГУ, но не прошел по конкурсу, так как на экзамене по физике ему занизили оценку, сказав, что он решает физические задачи формально математически. К счастью, в Горьковском университете в те годы была такая (весьма умная!) практика брать без экзаменов в университет абитуриентов из лучших московских вузов (МГУ, МФТИ и МИФИ), сдавших экзамены, но не прошедших по конкурсу. Так Валентин стал студентом Горьковского государственного университета (ГГУ) и окончил факультет вычислительной математики и кибернетики ГГУ в 1968 году.



Со второго курса он начал заниматься научной работой под руководством Леонида Павловича Шильникова и проявил большие способности. После окончания университета Валу и его друга и сокурсника Л. М. Лермана, тоже ученика Шильникова, взяли в НИИ прикладной математики и кибернетики Горьковского университета в отдел дифференциальных уравнений (зав. отделом проф. Е. А. Леонтович-Андропова) в лабораторию, возглавляемую Л. П. Шильниковым. Отдел был местом активной научной работы. Жизнь — научная и околонуучная — была ключом. Регулярно работал научный семинар, выступать на котором было большой честью и большим испытанием, так как к каждому выступающему относились «по гамбургскому счету». Валентин, продолжая сотрудничество, начатое в студенческие годы, стал активно работать с Л. П. Шильниковым, сначала под его руководством, а затем как равноправный соавтор, многие их работы получили широкую известность. Среди них — работы о периодическом возмущении автономных систем с предельным циклом и петлей сепаратрисы седла, бифуркации гомоклинических траекторий седло-узла и разрушение инвариантных торов (то есть явления перехода от двухчастотных режимов к режиму перемежаемости и хаосу). В этих давно ставших классическими работах были исследованы различные типы хаотического поведения и было обнаружено, что сложная динамика не описывается одними гиперболическими множествами: хаотические режимы очень часто соседствуют с устойчивыми. Позднее Афраймович и Шильников предложили концепцию «квазиаттрактора» — притягивающего множества, которое наряду с гиперболическими подмножествами может содержать и устойчивые периодические траектории больших периодов с малыми областями притяжения. Такая концепция оказалась адекватным математическим образом динамического хаоса, наблюдаемого во многих прикладных задачах.

Важным этапом в научной работе В. С. Афраймовича стало его участие вместе с В. В. Быковым под руководством Л. П. Шильникова в ныне знаменитых работах о рождении, бифуркациях и структуре странного аттрактора в системе Лоренца (1977–1983). В отличие от гиперболических аттракторов, теория которых к тому времени была уже достаточно хорошо развита, в аттракторе Лоренца происходили бифуркации при изменении параметров, то есть он не сохранял свою структуру при вариации параметров, хотя сохранялся как притягивающее множество со сложной структурой. Для исследования поведения траекторий на аттракторе авторы работы создали адекватную математическую модель в форме двумерного разрывного отображения (известную сейчас как геометрическая модель Афраймовича–Быкова–Шильникова), которую затем удалось детально исследовать. В этих работах ярко проявилось глубокое, тонкое понимание динамики, теории бифуркаций Леонидом Павловичем, неординарное мышление Валентина и виртуозное владение Быковым методами численного исследования. Авторы сумели сформулировать основные условия на отображение и его зависимость от параметров таким образом, что им удалось исследовать очень детально всю картину появления и исчезновения аттрактора и изменений его структуры при вариации параметров. По сей день теория Афраймовича–Быкова–Шильникова (АБШ) остается наиболее полной и удобной для практического анализа структуры и эволюции аттракторов лоренцевского типа в различных моделях. Позже в работах У. Такера и его группы из университета Уппсалы было показано с помощью методов интервальной арифметики и доказательных вычислений, что настоящая система Лоренца действительно ведет себя согласно модели АБШ.

Вскоре после работ по исследованию аттрактора Лоренца Валя начал активно сотрудничать с физиками, особенно — с М. И. Рабиновичем¹. Тогда же, в конце 1980-х годов, В. С. Афраймович перешел на некоторое время на работу в ИПФ АН СССР, а затем — на радиофак ННГУ. В 1986 году В. С. Афраймович, Н. Н. Веричев и М. И. Рабинович обнаружили, описали и изучили эффект синхронизации неидентичных автоколебательных систем с хаотической динамикой.

¹ Михаил Израилевич Рабинович (20 апреля 1941 – 31 марта 2025), член-корреспондент РАН.

Этот пионерский результат впоследствии нашел применение при разработке новых принципов передачи информации.

В начале 1990-х он получил приглашение на работу в США в рамках научного проекта. После нескольких лет работы в США (Технологический институт штата Джорджия, Атланта, Северо-западный университет, штат Иллинойс) и на Тайване (технопарк Синджу) он получил позицию профессора-исследователя в университете Сан-Луис-Потоси в Мексике, где работал до последнего дня.

С 90-х годов прошлого века В. С. Афраймович стал заниматься (наряду с задачами предыдущей тематики) проблемами на стыке качественной теории динамических систем, эргодической теории и теории размерности. Здесь следует отметить, что В. С. Афраймович одним из первых развил и применил при исследовании динамических систем со сложной динамикой новый инвариант — топологическую энтропию динамической системы, введенную Р. Адлером, А. Конхеймом и М. МасЭндрю. При исследовании сложных динамических систем он фактически первым применил подход, основанный на использовании времён возвращения Пуанкаре для различных областей фазового пространства, как основу численного анализа статистического поведения траекторий. В этом направлении ему принадлежат фундаментальные результаты как с чисто математической точки зрения (в совместных работах с его мексиканскими учениками Е. Угальде, Х. Уриасом, а также с европейскими и американскими соавторами Й. Шмеллингом, Ж. Р. Шазоттом, Б. Сассолом и др.), так и в приложениях к различным проблемам гамильтоновой механики, теории связанных осцилляторов, в задачах синхронизации (совместные работы с Г. Заславским, М. Рабиновичем, А. Луо и др.). Дело в том, что спектральный анализ размерностных характеристик времён возвращения Пуанкаре позволил разобраться в структуре и статистике поведения траекторий в различных прикладных задачах, когда распределение вероятностей более сложное, чем гауссовское (имеет сингулярности). Другой подход к динамическим проблемам, инициированный Афраймовичем в те годы, был основан на введенной им энтропийной характеристике — так называемой энтропии по направлению. Этот инвариант, а также другая важная характеристика — динамическая сложность — оказались очень полезными при изучении систем со связями (в том числе, связанных осцилляторов и клеточных сетей). В этом направлении были получены (совместно с Я. Б. Песиним, Л. А. Бунимовичем, М. Курбажем, Ю. В. Глебским и др.) важные теоретические результаты и исследованы многочисленные приложения.

Результаты данных исследований легли в основу монографий В. С. Афраймовича (на английском языке): «Нелинейная динамика и сложность» (соавторы А. Луо и К. Фу), «Лекции по хаотической динамике» (соавтор З. Су), «Гамильтонов хаос за пределами КАМ-теории» (соавтор А. Луо), «Фрактальные размерности для времён возвращения Пуанкаре» (соавторы Э. Угальде, Х. Уриас — в 2011 году вышел русский перевод под редакцией М. И. Малкина).

Активно сотрудничал В. С. Афраймович с группой профессора В. И. Некоркина (ныне — чл.-корр. РАН). Эти исследования начались в конце 80-х годов. Они касались динамики пространственно-распределенных систем. Была опубликована серия работ по этой тематике, в которых исследовались системы, обладающие дискретными пространственными координатами. В частности, было введено строгое определение понятия хаоса волн и их устойчивости. Дальнейшие исследования в этом направлении были связаны с математическими аспектами нейродинамики. Был разработан (совместно с А. С. Дмитричевым и Д. В. Касаткиным, В. И. Некоркиным) подход, позволяющий анализировать динамику возбудимых нейронных сетей через динамику клеточных автоматов на графах синаптических связей. В последнее время Валентин Сендерович работал над обобщением теории сложности на случай динамических сетей. В этом направлении были получены и опубликованы первые результаты (совместно с А. С. Дмитричевым и Д. С. Шапиным, В. И. Некоркиным).

Другое направление исследований, которым Валентин Сендерович заинтересовался в начале нынешнего века — это проблемы работы мозга. Его привлекали динамические механизмы формирования автобиографической памяти, бифуркации, описывающие скачки внимания и, конечно, нелинейная динамика сознания в целом как иерархического когнитивного процесса. Умение широко мыслить, нестандартный взгляд на, казалось бы, тупиковые проблемы, и использование красоты создаваемой модели в качестве критерия ее перспективности помогли Афраймовичу вместе с соавторами построить основы динамической теории интеллектуальной активности человека на уровне математических теорем. Эти работы широко признаны и цитируются, например, на его статью (с соавторами) в одном из ведущих мировых журналов PLoS Computational Biology имеется более двухсот ссылок.

Валентин Сендерович был одарен редкостным талантом педагога и сыграл решающую роль в становлении многих молодых ученых. Эрудиция и творческое понимание предмета, нелюбовь к общим фразам и умение подчеркнуть главное делали его лекции привлекательными и незабываемыми для слушателей. Он работал во многих странах мира — России, США, Китае, Мексике, Франции и др., и везде у него остались ученики, последователи и соавторы.

Валентин Сендерович был талантливым учёным и обладал энциклопедическими знаниями в области теории динамических систем. Другое его уникальное качество состояло в поразительной способности очень чётко и доходчиво излагать даже очень сложные понятия и результаты. Валентин Сендерович был постоянным лектором нижегородских школ по нелинейным волнам, проводимых ИПФ РАН.

В. С. Афраймович опубликовал с соавторами более 100 научных работ и несколько монографий, из которых некоторые получили широкую известность, например, 5-й том известной серии ВИНТИ «Современные проблемы математики. Фундаментальные направления».

Валентин Сендерович никогда не терял связи с российскими коллегами, особенно из Нижнего Новгорода: он каждый год (а иногда и чаще) приезжал в Нижний и регулярно принимал участие в работе научных конференций, проводимых в ННГУ, читал лекции на школе «Нелинейные волны», часто выступал на заседаниях Нижегородского математического общества, участвовал в совместных научных проектах.

Прошло больше семи лет, как Валентина Сендеровича нет с нами. С этого расстояния его вклад в нелинейную динамику, теорию бифуркаций, теорию синхронизации, математические проблемы нейродинамики и динамическую теорию интеллектуальной активности выглядит еще более выпукло, а его светлый образ по-прежнему ярок в памяти его коллег и друзей.