

## ПАМЯТИ Г. А. ЛЕОНОВА

### Памяти Геннадия Алексеевича Леонова

Этот выпуск посвящается члену редакционной коллегии журнала, многолетнему декану математико-механического факультета СПбГУ, член-корреспонденту РАН Геннадию Алексеевичу Леонову (1947–2018).

Г. А. Леонов — специалист в области теории управления, теории устойчивости, нелинейных колебаний и теории синхронизации электромеханических и электронных систем, автор более 500 научных работ, в том числе 22 монографий.

Продолжая и развивая исследования В. А. Якубовича, В. А. Плисса и А. А. Андропова, Г. А. Леонов создал собственную научную школу теории управления, качественной теории динамических систем и их приложений, где разработаны новые математические методы и решены трудные математические задачи, важные для создания новых технологий в системах управления, информационных системах, аэрокосмической технике [1–3].

Первые научные работы Г. А. Леонова связаны с теорией устойчивости: в 1971 г. он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Глобальная устойчивость систем управления», а в 1983 — докторскую диссертацию «Устойчивость в целом».

В том же 1983 году вышла первая статья Г. А. Леонова [4], посвященная бурно развивающемуся в то время, новому направлению исследований — анализу динамических систем с хаотическим поведением. Этой тематике Г. А. Леонов уделял внимание до конца своих дней, разрабатывая эффективные методы анализа, одновременно находящие применения как для решения задач устойчивости, так и для анализа хаотического поведения.

Среди основных результатов, полученных в этом направлении Г. А. Леоновым: эффективные методы локализации аттракторов [5]; введение функций Ляпунова в теорию размерности аттракторов для получение аналитических оценок и точных



значений ляпуновской размерности [6]; общий принцип («принцип рыбака») аналитического доказательства существования гомоклинических и гетероклинических траекторий [7], играющих важную роль в определении границ устойчивости и рождения хаотического поведения. В последние годы работы научной школы Г. А. Леонова были посвящены развитию теории скрытых колебаний [8–10], современного этапа развития теории колебаний А. А. Андронова. Важность выявления скрытых колебаний для систем управления связана с классическими задачами определения точных границ глобальной устойчивости и выделения классов систем управления, для которых необходимые и достаточные условия глобальной устойчивости совпадают, а также с новыми сценариями рождения хаотического поведения.

Значимость результатов Г. А. Леонова в области хаотической динамики отмечалась при присуждении ему премии Технического университета Дрездена (1989 г.), премии им. А. А. Андронова РАН (2012 г.) и премии им. П. Л. Чебышёва Правительства Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургского научного центра РАН (2015 г.). В 2016 и 2017 годах, во многом благодаря интересу научного сообщества к тематике скрытых хаотических аттракторов, Г. А. Леонов вместе со своим учеником становились самыми высокоцитируемыми российскими учеными в области математики по данным Web of Science.

В настоящем выпуске представлены несколько статей, связанных с идеями Г. А. Леонова анализа устойчивости и хаотического поведения. Статья [10] является завершением одной из последних работ Г. А. Леонова, связанной с эффективными методами аналитической оценки размерностных характеристик инвариантных множеств динамической системы, которые также нашли свое применение для определения условий отсутствия нетривиальных аттракторов и глобальной устойчивости [11, 12]. В статье А. С. Ширяева и др. [13] представлено обсуждение метода Г. А. Леонова анализа устойчивости по Жуковскому, который нашел важное применение как для синтеза систем управления, так для определения понятия хаотического поведения [11, 14]. В статье М. М. Шумафова [15] представлен обзор разрабатываемых в научной школе Г. А. Леонова методов стабилизации линейных систем, такие методы используются как для решения практических задач гашения колебаний и стабилизации механических систем, так и для изучения неустойчивых периодических траекторий, содержащихся в хаотических аттракторах [16, 17]. Статья [18] посвящена синтезу систем управления в форме Лурье, обладающих свойством мультиустойчивости, и развитию сценариев рождения аттракторов [7–9].

## Литература

1. *Kuznetsov N. V., Abramovich S., Fradkov A. L., Chen G.* In Memoriam: Gennady Alekseevich Leonov // *International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering*. 2018. Vol. 28, no. 5. Art. num. 1877001.
2. *Abramovich S., Kuznetsov N. V., Neittaanmaki P.* Obituary: Gennady Alekseevich Leonov (1947–2018) // *Open Mathematical Education Notes*. 2018. Vol. 8, no. 1. P. 15–21.
3. *Abramovich S., Kuznetsov N., Leonov G. V.* A. Yakubovich — mathematician, «father of the field», and herald of intellectual democracy in science and society // *IFAC-PapersOnLine*. 2015. Vol. 48, no. 11. P. 1–3.
4. *Леонов Г. А.* О глобальной устойчивости системы Лоренца // *Прикладная математика и механика*. 1983. Т. 47, № 5. С. 869–871.
5. *Leonov G. A., Reitmann V.* *Attraktoreingrenzung für nichtlineare Systeme*. Leipzig: Teubner, 1987.
6. *Boichenko V., Leonov G., Reitmann V.* *Dimension theory for ordinary differential equations*. Stuttgart: Teubner, 2005.

7. Брагин В. О., Вагайцев В. И., Кузнецов Н. В., Леонов Г. А. Алгоритмы поиска скрытых колебаний в нелинейных системах. Проблемы Айзермана, Калмана и цепи Чуа // Известия РАН. Теория и Системы Управления. 2011. № 4. С. 3–36 [English transl.: Bragin V. O., Vagaitsev V. I., Kuznetsov N. V., Leonov G. A. Algorithms for finding hidden oscillations in nonlinear systems. The Aizerman and Kalman Conjectures and Chua's Circuits // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2011. Vol. 50, no. 4. P. 511–543].
8. Leonov G. A., Kuznetsov N. V. Hidden attractors in dynamical systems. From hidden oscillations in Hilbert — Kolmogorov, Aizerman, and Kalman problems to hidden chaotic attractor in Chua circuits // International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering. 2013. Vol. 23. Art. num. 1330002.
9. Dudkowski D., Jafari S., Kapitaniak T., Kuznetsov N. V., Leonov G. A., Prasad A. Hidden attractors in dynamical systems // Physics Reports. 2016. Vol. 637. P. 1–50.
10. Леонов Г. А., Флоринский А. А. Об оценках обобщенной размерности Хаусдорфа // Вестник С.-Петербург. ун-та. Математика. Механика. Астрономия. 2019. Т. 6 (64). Вып. 4. С. 534–543.
11. Leonov G. Strange attractors and classical stability theory. St. Petersburg: St. Petersburg University Press, 2008.
12. Леонов Г. А. Функции Ляпунова в теории размерности аттракторов // Прикладная математика и механика. 2012. Т. 76. Вып. 2. С. 180–196.
13. Ширяев А. С., Хусаинов Р. Р., Мамедов Ш. Н., Гусев С. В., Кузнецов Н. В. О методе Г. А. Леонова вычисления линеаризации трансверсальной динамики и анализа устойчивости по Жуковскому // Вестник С.-Петербург. ун-та. Математика. Механика. Астрономия. 2019. Т. 6 (64). Вып. 4. С. 544–554.
14. Kuznetsov N. V., Leonov G. A. Strange attractors and classical stability theory: stability, instability, Lyapunov exponents and chaos, in Handbook of Applications of Chaos Theory / Eds. Christos H. Skiadas, Charilaos Skiadas. Chapman and Hall/CRC, 2016. P. 105–134.
15. Шумафов М. М. Стабилизация линейных систем управления. Проблема назначения полюсов. Обзор // Вестник С.-Петербург. ун-та. Математика. Механика. Астрономия. 2019. Т. 6 (64). Вып. 4. С. 564–591.
16. Leonov G. A., Shumafov M. M. Stabilization of Linear Systems. Cambridge: Cambridge Scientific Publishers, 2012.
17. Leonov G. A., Shumafov M. M., Kuznetsov N. V. A short survey of delayed feedback stabilization // 1st IFAC Conference on Modeling, Identification and Control of Nonlinear Systems. St. Petersburg, June 24–26, 2015. P. 716–719.
18. Буркин И. М., Кузнецова О. И. Генерирование экстремально мультистабильных систем на основе систем в форме Лурье // Вестник С.-Петербург. ун-та. Математика. Механика. Астрономия. 2019. Т. 6 (64). Вып. 4. С. 555–563.