

141070

г. Королев

Московской области,

ул. Ленина, 4-а

Телеграфный "ГРАНИТ"

Телефон: (495) 513-86-55

Факс: (495) 513-88-70, 513-86-20, 513-80-20

E-mail: post@rsce.ru

<http://www.energia.ru>

15. 11. 16 № 34-5/52

На № _____

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**на диссертацию**

Кузнецова Николая Владимировича «Аналитико-численные методы исследования скрытых колебаний», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Актуальность темы диссертационной работы Н.В. Кузнецова продиктована тем обстоятельством, что вопросы устойчивости динамических систем являются всегда фундаментальными и основополагающими при проектировании, анализе и синтезе нелинейных систем управления. Вместе с тем хорошо известны эффекты возникновения нежелательных колебаний в нелинейных системах управления: системах управления летательными аппаратами и системах автоподстройки частоты. Обнаружение таких колебаний и методов их подавления составляют значительную часть современной теории управления. Этому направлению и посвящена диссертация Кузнецова Н.В.

Автор исследует один из наиболее актуальных и в то же время трудных для исследования разделов нелинейной теории — обнаружение и описание скрытых колебаний. Н.В. Кузнецовым дано строгое математическое определение скрытого колебания и его обобщения — скрытого аттрактора. Следует подчеркнуть общность этого понятия и его интерпретацию в терминах переходных процессов, широко рассматриваемых в инженерной практике. Именно поэтому этот термин “скрытое колебание” (скрытый аттрактор, hidden attractor) стал широко распространенным как в математике, так и в прикладной и инженерной литературе. Достаточно

сказать, что в наукометрической базе данных Scopus проиндексировано более 45 статей российских и зарубежных авторов, в названия которых вошел этот термин после его введения в 2010 году в работах автора диссертации.

Для различных классов динамических моделей в работе разработаны эффективные аналитико-численные методы нахождения скрытых колебаний. Эти методы позволили построить контрпримеры к широко известным проблемам Айзермана и Калмана об абсолютной устойчивости нелинейных систем управления с нелинейностью из сектора линейной устойчивости, впервые обнаружить скрытый аттрактор в электронной цепи Чуа. Также скрытые колебания были обнаружены в динамических моделях буровых установок, в известных физических моделях Рабиновича, Глуховского-Должанского, Рабиновича-Фабриканта.

Для систем автоматического регулирования (автоподстройки) частоты генератора колебаний, различные модификации которых используются в современных компьютерных архитектурах, телекоммуникации и навигации (системы ГЛОНАСС и GPS), в работе разработаны методы построения динамических моделей и строгого математического анализа устойчивости и возникновения колебаний. Предложено решение задачи известного американского инженера Флойда Гарднера об определении допустимого отклонения частот сигналов входного и подстраиваемого генераторов для обеспечения динамической устойчивости, соответствующей подстройки частоты без проскальзывания циклов. Предлагаемые методы позволили провести уточнение классических инженерных математических моделей и их характеристик. Полученные результаты позволяют решать задачи по анализу и синтезу систем автоподстройки частоты, имеющих необходимые динамические характеристики. Показано, что моделирование систем автоподстройки частоты в инженерных пакетах MATLAB Simulink и SPICE SIMetrix при наличии в системе скрытых колебаний может приводить к неверным выводам об устойчивости работы системы. На основе полученных теоретических результатов получены 2 патента на изобретения и патент на полезную модель, а также разработаны программные средства для анализа систем автоподстройки частоты, на которые получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Одной из широко используемых характеристик хаотических колебаний является ляпуновская размерность, которая была предложена в работе Каплана и

Йорке. В работе развиты методы оценки ляпуновской размерности аттракторов динамических моделей: доказана инвариантность ляпуновской размерности аттракторов относительно гладких замен координат и на основе этого результата проведено обоснование и обобщение метода Леонова оценки ляпуновской размерности аттракторов. Для ряда широко известных динамических моделей показана эффективность представленных методов: аналитически получены точные формулы ляпуновской размерности и выделены области параметров, для которых они верны.

Диссертационная работа представлена на 187 страницах текста, включающего введение, три главы, заключение и список использованной литературы.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Все результаты диссертации опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК РФ, в том числе в ведущих российских журналах РАН: “Доклады Академии Наук” и “Известия РАН. Теория и системы управления” (перевод обзорной статьи по скрытым колебаниям стал самой цитируемой статьей английской версии журнала – более 90 ссылок в Scopus). Также результаты работы докладывались на ведущих российских и международных конференциях, в том числе на конгрессе федерации по автоматическому управлению (IFAC). Публикации автора получили международное признание: всего в базе данных Scopus проиндексировано более 950 ссылок на работы автора (без самоцитирования), h-индекс = 15.

Таким образом, диссертация Кузнецова Н.В. посвящена исследованию актуальных проблем, связанных с анализом и синтезом нелинейных динамических систем.

По работе можно сделать следующие замечания:

1. Анализ скрытых колебаний в модели динамики ракеты-носителя проведен без учета влияния внешних возмущений и влияния динамики рулевого привода.
2. В Следствии 2 для вида нелинейности (1.60), используемого для построения контрпримеров к проблеме Калмана, не все условия Теоремы 2 переформулированы в терминах параметров рассматриваемой нелинейности.

3. Логичнее было бы расположить вторую и третью главы в другом порядке: вначале третью главу о построении моделей, анализе устойчивости и скрытых колебаний в системах фазовой автоподстройки частоты, а затем третью главу, посвященную анализу размерности самовозбуждающихся и скрытых аттракторов.
4. По тексту диссертации имеются небольшие опiski и опечатки.

Указанные выше замечания не снижают общую положительную оценку работы.

Диссертация Кузнецова Николая Владимировича «Аналитико-численные методы исследования скрытых колебаний», представленная к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ является законченным научным трудом, в котором содержатся решения задач, имеющих большое значение для современной теории управления и теории динамических систем.

По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, представленная работа удовлетворяет всем требованиям действующего Положения «О присуждении учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор заслуживает присуждения искомой степени по специальности: 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Генеральный конструктор, академик РАН, д.т.н., профессор,
заведующий кафедрами

“Системы автоматического управления” МГТУ им. Баумана
и “Управление движением” МФТИ,

Заслуженный деятель науки Российской Федерации



/Микрин Евгений Анатольевич/

15.11.2016 г.