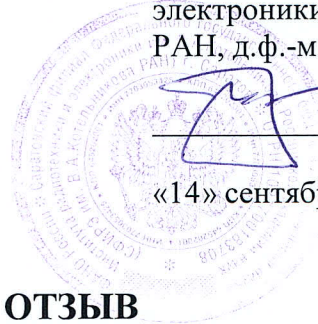


УТВЕРЖДАЮ

Директор Саратовского филиала  
Института радиотехники и  
электроники им. В.А. Котельникова  
РАН, д.ф.-м.н.,



  
Ю.А. Филимонов

«14» сентября 2016 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации – Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН на диссертацию Семенова Владимира Викторовича, «Экспериментальное исследование стохастических бифуркаций в радиотехнических моделях автогенераторов и нелинейных осцилляторов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Диссертационная работа Семенова В.В. посвящена вопросам влияния шума на нелинейные колебательные системы. Актуальность и значимость направления исследований не вызывает сомнений. Шум является неустранимым фактором при функционировании реальных систем любой природы. При изучении ряда колебательных систем (к примеру, класс возбудимых осцилляторов) анализ влияния случайных воздействий имеет принципиальное значение. На сегодняшний день известно большое число примеров индуцированных шумом эффектов, позволяющих говорить о шуме не только как о помехе, но и как о факторе, наличие которого может приводить к появлению новых типов поведения, способствовать увеличению регулярности колебаний системы и т.д.. К этим явлениям относятся эффекты индуцированных шумом переходов, когерентного резонанса, стохастического резонанса, стохастической синхронизации, индуцированного шумом хаоса и т.д. Несмотря на то, что эти эффекты известны уже несколько десятилетий, необходимость продолжения исследований в данном направлении сохраняется. Отсутствует единый подход к изучению некоторых эффектов. Ярким примером служат стохастические бифуркации: на сегодняшний момент не до конца выработана сама трактовка термина «стохастическая бифуркация». Большинство индуцированных шумом эффектов принципиально зависят от индивидуальных характеристик исследуемых систем, таких как размерность, форма нелинейности и т.д., что осложняет процесс формирования общих методов изучения стохастических эффектов.

В диссертационной работе Семенова В.В. главным образом затрагивается проблематика стохастических бифуркаций. При этом необходимо особенно отметить тот факт, что прежде всего предпринята попытка обобщения стохастических явлений в различных типах систем. Так, бифуркация Андронова-Хопфа рассматривается на примере генератора Ван дер Поля с мягким и жестким возбуждением, бросселатора и



генератора Анищенко-Астахова, являющихся принципиально различными. Когерентный резонанс в системах с запаздыванием исследуется на примере возбудимых (система ФитцХью-Нагумо) и невозбудимых систем (генератор с жестким возбуждением), на основе полученных результатов производятся общие выводы. Описание стохастического бистабильного осциллятора с нелинейным трением приводится с точки зрения классической теории - в сравнении с осциллятором Крамерса, для чего были введены эффективные параметры исследуемой системы.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении приведено обоснование актуальности работы, сформулированы цель исследований, научная новизна и положения, выносимые на защиту. Представлены сведения об апробации работы и публикациях.

В первой главе приводятся результаты исследований стохастической бифуркации Андронова-Хопфа в различных моделях автогенераторов. Показан общий характер эффектов, соответствующих субкритической и суперкритической бифуркации, а именно, существование бифуркационного интервала при наличии аддитивного шума и сдвиг бифуркационных значений параметра в сторону больших значений при наличии аддитивного и мультипликативного (параметрического) шума.

Во второй главе бифуркационные изменения, наблюдаемые при вариации интенсивности шума, рассматриваются одновременно с эффектом когерентного резонанса в генераторе с жестким возбуждением с запаздыванием, показана связь эффектов в стохастической системе с особенностями поведения детерминированной модели. Также вторая глава содержит результаты исследований особенностей влияния запаздывающей обратной связи на эффект когерентного резонанса в осцилляторе ФитцХью-Нагумо с запаздывающей обратной связью.

В третьей главе описывается модель бистабильного осциллятора с нелинейным трением. В работе обнаружено, что при наличии шумового воздействия такой осциллятор демонстрирует целый ряд стохастических бифуркаций при вариации интенсивности шума.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы.

Стоит отметить, что работа носит экспериментальный характер. В большинстве случаев выводы по результатам исследований производятся на основе сравнительного анализа теоретических результатов, результатов численного анализа и физических экспериментов на примерах аналоговых электронных схем.

Диссертация Семенова В.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, существенной для радиофизики и состоящей в теоретическом и экспериментальном исследовании индуцированных шумом эффектов в нелинейных осцилляторах. Тематика представленной диссертационной работы охватывает сразу несколько проблем нелинейной динамики – индуцированные шумом переходы, когерентный резонанс, стохастические бифуркации. Проведенные в работе исследования являются важными, полученные результаты обладают необходимой общностью, и представляют интерес как с фундаментальной, так и с практической точек зрения.

Таким образом, изученные эффекты воздействия шума на колебательные



системы раскрывают механизмы целенаправленного воздействия на динамику колебательных систем. Эти результаты открывают возможности для разработки новых радиофизических устройств, в которых шум играет конструктивную роль, а также новых методов управления различными радиофизическими генераторами с использованием источников шума.

Результаты работы можно использовать как в научных исследованиях в университетах (Саратовский государственный университет, Ярославский государственный университет, Нижегородский государственный университет, Московский государственный университет) и в организациях Российской Академии наук (Институт радиотехники и электроники, Институт прикладной физики, Институт проблем передачи информации, и др.), так и в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по радиофизике и нелинейной динамике.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационного исследования достаточно полно отражены в 15 публикациях, включая опубликованную главу в коллективной монографии, 10 статей в журналах из списка ВАК. Материалы диссертации были представлены и обсуждались на научных конференциях и семинарах.

Обоснованность научных положений и выводов, достоверность полученных результатов основывается на соответствии результатов численного и физического эксперимента, а также на их согласованности с имеющимися теоретическими представлениями. Кроме того, существует соответствие с результатами других авторов.

В то же время, в работе имеются некоторые недостатки. К ним можно отнести следующие:

- 1) Выводы о влиянии шума в эксперименте делаются на основании исследования аналоговых моделей, построенных с использованием концепции получения решений обыкновенных дифференциальных уравнений методами аналогового интегрирования. В то же время, было бы интересно оценить влияние шума на реальные автоколебательные системы, к которым относится генератор с мостом Вина (описывается уравнением Ван дер Поля), генератор Анищенко-Астахова и реальный параллельный контур при наличии двух нелинейных элементов в нем.
- 2) Во Введении описание различия между суперкритической и субкритической бифуркациями Андронова-Хопфа по сути подменяется анализом различий между генераторами с мягким и жестким возбуждением, однако субкритическая бифуркация Андронова-Хопфа является локальной, и в общем случае не обязательно сопровождается жестким переходом именно к предельному циклу и возникновением автоколебаний.
- 3) В первой главе отсутствует теоретический анализ стохастической субкритической бифуркации Андронова-Хопфа в генераторе с жестким возбуждением, а карты режимов, полученные для генератора с жестким возбуждением в численном и физическом экспериментах, не захватывают область малых шумов.

- 4) Во второй главе в разделе, посвященном исследованию осциллятора ФитцХью-Нагумо с запаздыванием и цветным шумом, отсутствует описание схемы, реализующей преобразование Орнштейна-Уленбека в физическом эксперименте.

Несмотря на вышеперечисленные недостатки, диссертационная работа «Экспериментальное исследование стохастических бифуркаций в радиотехнических моделях автогенераторов и нелинейных осцилляторов» удовлетворяет всем требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемых к кандидатским диссертациям, и соответствует специальности 01.04.03 — «Радиофизика». Ее автор, Семенов Владимир Викторович, достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв составили:

Ведущий научный сотрудник Саратовского филиала института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, д.ф.-м.н., Пономаренко Владимир Иванович, почтовый адрес: 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, д. 38, E-mail: [ronomarenkovi@gmail.com](mailto:ronomarenkovi@gmail.com), тел. 8(8452)511180

Ведущий научный сотрудник Саратовского филиала института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, к.ф.-м.н., Сатаев Игорь Рустамович, почтовый адрес: 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, д. 38, E-mail: [sataevir@rambler.ru](mailto:sataevir@rambler.ru), Тел.: 8(8452)278685

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании Секции Ученого совета Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН в Саратовском филиале (протокол № 7 от 14 сентября 2016 г.)

Секретарь секции Ученого совета в СФ ИРЭ  
им. В.А. Котельникова РАН, д.ф.-м.н., Селезнев Евгений Петрович

E-mail организации: [info@soire.renet.ru](mailto:info@soire.renet.ru)  
Почтовый адрес организации: 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, д. 38  
Тел. организации: 8(8452)272401