

## ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации Соловьёва Андрея Михайловича “Модели динамики неустойчивых механических и нейронных систем с гистерезисными связями”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки).

Соловьёв Андрей Михайлович в 2004 году окончил Воронежский государственный технический университет по специальности «Радиотехника», а в 2009 году – Воронежский государственный университет по специальности «Прикладная математика и информатика», в 2014 году поступил в аспирантуру факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета. За время учебы проявил себя как способный и одаренный молодой исследователь, обладающий такими качествами как настойчивость и трудолюбие.

Диссертационная работа Соловьёва А.М. посвящена разработке и развитию качественных и приближенных аналитических методов, численных алгоритмов анализа оптимального функционирования, стабилизации и синхронизации для классов механических систем и искусственных нейронных сетей с гистерезисными связями. Системы с гистерезисными нелинейностями обладают рядом специфических особенностей коренным образом отличающих их от традиционных систем с функциональными нелинейностями. К их числу, в первую очередь, относятся недифференцируемость гистерезисных операторов, необычность фазовых пространств, включающих в себя пространства состояний соответствующих гистерезисных преобразователей, в общем случае не обладающих линейной структурой и некоторые другие. Анализ и синтез моделей оптимального функционирования систем с гистерезисными нелинейностями требует разработки новых методов, учитывающих упомянутые выше особенности. Кроме того, как показывают простые примеры, для систем с гистерезисом типична ситуация, когда в них принципиально нереализуемы асимптотически устойчивые режимы, что затрудняет численную реализацию методов их приближенного построения. Это обуславливает необходимость разработки численных методов и алгоритмов построения переходных процессов в системах с гистерезисными нелинейностями. Таким образом, актуальной является задача развития качественных и приближенных аналитических методов исследования стабилизации и оптимального функционирования систем с гистерезисными нелинейностями, а также разработки алгоритма приближенного построения их решений.

В представленной диссертационной работе были разработаны принципы построения искусственных нейронных сетей с гистерезисной функцией активации и проведено исследование их функционирования на примере решения задачи классификации образов. В качестве модели механической системы с гистерезисными свойствами рассматривалась система, представляющая собой обратный гибкий маятник с люфтом в основании его крепления. Были разработаны методы стабилизации маятника в окрестности вертикального положения и предложено решение задачи оптимизации по параметрам управляющего воздействия с помощью бионического алгоритма адаптивного поискового поведения личинки ручейника. Также была построена математическая модель механической системы с вынужденными колебаниями и гистерезисным демпфером на основе материала Ишлинского, проведено исследование динамики такой системы, а также выполнен сравнительный анализ вязкого и гистерезисного демпфирования.

Диссертационная работа Соловьёва А.М. содержит результаты и рекомендации, имеющие теоретическую и практическую значимость. По материалам диссертации опубликовано 18 печатных работ в форме статей, тезисов и докладов. Из них 3 в журналах перечня ВАК и 5 в журналах, включенных в международную реферативную базу данных Scopus.

При подготовке диссертационной работы Соловьёв А.М. проявил умение критически оценивать себя и свои результаты, так же смелость в выборе мало разработанного направления исследований — модели нейронных сетей с гистерезисной функцией активации. Представленная им работа по актуальности, новизне и практической значимости удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.



Семенов Михаил Евгеньевич,  
доктор физико-математических наук,  
профессор,  
факультет компьютерных наук,  
кафедра цифровых технологий

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный университет»;  
394018, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1;  
Тел. +7(473)220-89-09;  
E-mail: mkl150@mail.ru

16 «марта» 2017 года