

## ОТЗЫВ

научного руководителя доктора техн. наук, доцента Феофилова С.В.  
на диссертацию Хапкина Дмитрия Леонидовича  
«Прикладные методы синтеза нейросетевых регуляторов для объектов управления с ограничителями» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Диссертация Хапкина Д.Л. посвящена разработке методов синтеза устойчивых замкнутых систем управления с нейросетевыми регуляторами в контуре. При этом рассматриваются существенно нелинейные объекты управления (ОУ) с ограничителями различного рода. На сегодняшний день несомненно актуальной является задача синтеза регуляторов для нелинейных ОУ в условиях неполной информации, когда невозможно получить адекватную верифицированную и достаточно точную математическую модель. В этом случае классические методы теории автоматического управления не способны справиться с задачей синтеза регулятора, но может быть использован потенциал искусственных нейронных сетей (ИНС). При этом одной из нерешенных теоретических задач является отсутствие алгоритмов, позволяющих гарантировать устойчивость замкнутого контура с нейросетевым регулятором. Это во многом сдерживает использование рассматриваемых систем управления на практике. Таким образом, задачи, связанные с разработкой методов синтеза нейрорегуляторов для объектов с наиболее часто встречающимися на практике нелинейностями (ограничители типа насыщение, ограничители типа жесткий механический упор, и т. д.), а также методов, гарантирующих устойчивость замкнутых нейросетевых систем управления являются актуальными.

В работе получены следующие основные результаты, обладающие научной новизной.

1. Разработан алгоритм формирования структуры нейросетевого регулятора с учетом особенностей объекта управления и типов нелинейностей.
2. Разработан алгоритм формирования обучающей выборки с учетом режимов работы и типа нелинейности объекта управления.
3. Разработан метод синтеза нейросетевых регуляторов, обеспечивающий управление объектами с ограничителями.
4. Разработан метод синтеза нейросетевых регуляторов, обеспечивающий гарантированную устойчивость замкнутой системы в заданной локальной области фазового пространства.
5. Сформирована прикладная методика синтеза и оптимизации по комплексному критерию нейросетевых регуляторов для объектов с ограничителями, в том числе в случае отсутствия точной математической модели, объединяющая разработанные методы и алгоритмы.

Хапкин Дмитрий Леонидович в 2018 году с отличием окончил ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами». Будучи студентом, за успехи в учебе и научной деятельности был удостоен стипендии Президента Российской Федерации, стипендии



Правительства Российской Федерации, а также стипендии имени академика А.Г. Шипунова. В период подготовки диссертации с 2018г. по 2022г. Д.Л. Хапкин являлся аспирантом кафедры «Системы автоматического управления» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет». Во время учебы в аспирантуре под моим руководством занимался научно-исследовательской работой, по результатам которой им был получен и успешно выполнен грант РФФИ (конкурс «Аспиранты»), в настоящее время является исполнителем по гранту РНФ. В процессе работы над диссертацией Д.Л. Хапкин проявил себя как сложившийся высококвалифицированный и ответственный научный работник, способный ставить и решать с настойчивостью и целеустремленностью сложные научные задачи. Он успешно справился со всеми поставленными ему задачами, проявил самостоятельность и инициативность в решении большинства вопросов. Принимал активное участие в международных и всероссийских научных конференциях. Хапкин Д.Л. продемонстрировал владение методами теории автоматического управления, конечномерной оптимизации, матричным исчислением. В рамках научно-квалификационной работы им был проведен анализ большого объема научной литературы, что положительно повлияло на качество его диссертационного исследования.

На основе вышеизложенного считаю, что диссертация Хапкина Д.Л. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, а диссертант достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Научный руководитель,  
доктор техн. наук,  
доцент, профессор кафедры САУ  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный  
университет»



С.В. Феофилов

Подпись Феофилова С.В. заверяю  
Ученый секретарь

  
10.03.2023

Л.И. Лосева