

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

10.11.2020 № 03 / 2156  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке

Юсубов М.С.



» ноября 2020 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
Игумнова Иннокентия Васильевича

**«Метод Нелдера-Мида для настройки регулятора, функционирующего на  
основе искусственных нейросетей»**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и  
систем управления

### Актуальность темы диссертации

Все повышающиеся требования к качеству и точности работы систем автоматического управления (САУ) техническими объектами заставляют искать пути и способы создания систем, удовлетворяющих заданным условиям. Один из эффективных путей состоит в использовании искусственных нейронных сетей (ИНС), которые, в частности, расширяют возможности по классам управляемых объектов, позволяют воплощать методы мультипроцессорной обработки сигналов на основе параллельных аппаратных средств, повышают надежность работы САУ и т.д. Однако при построении регуляторов и/или идентификаторов на такой основе возникает множество задач, среди которых ведущей является задача обучения, настройки ИНС.

В рассмотренной диссертации отмеченная задача является основной, Новизна подхода заключается в привлечении для ее решения метода Нелдера-Мида, имеющего специфические особенности, в том числе в области сходимости алгоритмов на его основе. Кроме того, задача настройки ИНС

вынужденно рассматривается с комплексом сопряженных задач и вопросов, возникающих при использовании ИНС в ПИД-регуляторах и импульсных элементах САУ. Важно, что отмеченные задачи и вопросы характеризуется новизной, теоретической и практической ценностью, что свидетельствует об актуальности темы исследований.

#### **Новизна полученных результатов и выводов**

Научная новизна результатов, полученных автором, состоит в следующем:

1. Сформирован алгоритм обучения нейронной сети (ОНС), предназначенный для решения задачи параметрической оптимизации для систем с ИНС и построенный на основе метода Нелдера-Мида, что позволяет снять ограничения как с функций активации, так и с выбранного критерия.
2. Предложен подход к формированию импульсных элементов с ИНС, в основе которого лежат модуляционные характеристики.
3. Разработана методика конкретизации параметров алгоритма ОНС (коэффициентов отражения, растяжения, сжатия и усечения), с помощью которой определены параметры алгоритма ОНС, обеспечивающие эффективное решение задачи параметрической оптимизации.
4. Проведены исследования работы алгоритма ОНС и регуляторов, имеющих в своем составе ИНС, как для класса одноконтурных, так и для промышленных двухконтурных автоматических систем управления, в числе которых система стабилизации толщины изоляции кабеля, система вулканизации резиновых изделий с электрическим нагревом и система электроснабжения с автономным резервным источником питания.

#### **Апробация работы и публикации**

По материалам диссертации автором опубликовано 10 научных работ, из которых 8 в реферируемых журналах из перечня ВАК; одна статья из этого списка также входит в Web of Science на российской платформе; 6 свидетельств о государственной регистрации для ЭВМ. Основные положения и результаты диссертации были представлены на различных конференциях: Байкальской Всероссийской конференции с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении», Иркутск – Байкал (30 июня 2017 года); Всероссийских молодежных научно-практических конференциях «Винеровские чтения» (Иркутск, 3–5 апреля 2014 года; 16–18 апреля 2015 года; 1–3 июня 2016 года; 3–5 апреля; Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы транспорта Восточной Сибири» (Иркутск, 13–14 мая 2014 года); Всероссийской конференции с международным участием «Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири»

Кроме того, результаты диссертационной работы экспонировались в рамках Всероссийского Фестиваля Науки 2015 года в конкурсе «Изобретатель XXI века», докладывались на семинаре в Санкт-Петербургском

государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (Санкт-Петербург, 2014 год).

### **Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность полученных результатов, выводов и решений, полученных в диссертации, обусловлена корректным использованием фундаментальных положений теории автоматического управления, математического анализа, линейной алгебры, корректностью принятых допущений при постановке задач исследования. Они подтверждены обсуждением результатов исследований на научно-технических конференциях различного уровня, публикациями автора в рецензируемых журналах, а также анализом научных работ зарубежных и отечественных исследователей в области автоматического и автоматизированного управления и диагностирования САУ.

Работоспособность предложенных диссертантом алгоритмов убедительно подтверждена решением задач синтеза САУ для тестовых и реальных технологических объектов, а также компьютерным моделированием процессов в синтезированных по этим методикам системах, которые подтверждают достижение поставленных целей. Достоверность результатов подтверждается также применением общепринятого математического аппарата, соответствием полученных результатов исследованиям других авторов, полученных с помощью иных методов и методик.

### **Соответствие содержания диссертации автореферату и указанной специальности**

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и соответствует следующим его пунктам: п. 1 – Разработка научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования элементов, схем и устройств вычислительной техники и систем управления; п. 2 – Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик; п. 3 – Разработка принципиально новых методов анализа и синтеза элементов и устройств вычислительной техники и систем управления с целью улучшения их технических характеристик.

Автореферат диссертации и публикации полностью отражают содержание и научные результаты, полученные автором и представленные в диссертации.

### **Значимость результатов для науки и производства**

Основные результаты диссертационной работы внедрены в производственный процесс в ООО «Спецстройинвест» и ООО «НЦП Параметр», о чем имеются

соответствующие акты внедрения. Предложенный алгоритм, построенный на основе метода Нелдера-Мида, и подход к формированию импульсных элементов с ИНС может найти применение в промышленности, прежде всего при решении задач синтеза САУ, в частности, при параметрической оптимизации регуляторов, построенных на основе нейронных сетей, в частности, в ОАО "Томский электромеханический завод им. В. В. Вахрушева".

Особо следует отметить показанную автором возможность применения метода Нелдера-Мида для настройки регуляторов САУ – метод не использует производные функций, поэтому результаты настройки во многом свободны от погрешностей измерений, неизбежных при получении моделей объектов управления экспериментальным путем. Важно также, что разработанная методика конкретизации коэффициентов алгоритма оптимизации НС может обобщаться на алгоритмы оптимизации вне рамок метода Нелдера-Мида.

Определенным показателем значимости работы для производства является государственная регистрация шести программ для ЭВМ, в разработке которых автор принимал ведущее участие.

#### **Замечания по диссертационной работе**

К работе имеются следующие замечания:

1. При обосновании выбора метода Нелдера-Мида не в полной мере учтены особенности метода в приложении к задачам настройки регуляторов САУ (возможное отсутствие сходимости алгоритмов, наличие погрешностей в моделях объектов управления и др.).
2. Рассмотренные в главе 5 промышленные САУ имеют по два контура управления, оптимальная настройка каждого из которых не свидетельствует о наилучшей настройке САУ в целом. Меры для ее достижения в работе не рассмотрены и не предложены.
3. Достаточно убедительные в целом вычислительные эксперименты не доведены до логического завершения – нет численных оценок результатов, что не позволяет составить обоснованное суждение о реальных преимуществах того или иного варианта.

Данные замечания не оказывают принципиального влияния на общую положительную характеристику работы, ни не снижают высокое качество исследований и не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационной работы.

#### **Общее заключение**

Представленная диссертационная работа Игумнова И.В. является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научно-технической задачи синтеза регуляторов САУ на платформе искусственных нейронных сетей с оптимизацией их параметров по методу Нелдера-Мида, имеющей значение для развития теории и практики автоматического и автоматизированного управления сложными техническими объектами. Публикации по материалам диссертационных исследований, язык, стиль изложения и внутреннее единство публикаций свидетельствуют о личном вкладе автора в науку и единоличном написании работы.

Диссертационная работа «Метод Нелдера-Мида для настройки регулятора, функционирующего на основе искусственных нейросетей» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно п.п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 N 335, от 02.08.2016 N 748, от 29.05.2017 N 650, от 28.08.2017 N 1024, от 01.10.2018 N 1168), а ее автор Игумнов Иннокентий Васильевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании Научно-технического совета Инженерной школы информационных технологий и робототехники ФГАОУ ВО НИ ТПУ, протокол №1 от 9 ноября 2020 г.

На заседании НТС присутствовали четыре профессора, доктора наук, пять доцентов, кандидатов технических наук; всего – 10 человек.

Решение принято единогласно.

**Сведения о ведущей организации -**  
и **Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ)**

Место нахождения 634050, Россия, Томская область, г. Томск, пр. Ленина, д. 30.

Телефон +7 (3822) 60-63-33,

Адрес электронной почты tpu@tpu.ru

Адрес сайта

https://tpu.ru

организации

Председатель НТС ИШИТР  
доктор физико-математических наук,  
профессор, профессор отделения  
автоматизации и робототехники ИШИТР



Мамонтов Г.Я.

Ученый секретарь  
Кандидат технических наук,  
доцент, доцент отделения  
автоматизации и робототехники ИШИТР



Кочегуров А.И.