

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Томина Никиты Викторовича

«МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ АКТИВНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 2.4.3. Электроэнергетика

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Диссертация Томина Н.В. представляет собой масштабное научное исследование, посвящённое актуальной проблеме перехода от традиционных систем управления электроэнергетическими системами к автономным интеллектуальным системам на основе методов машинного обучения, в частности, обучения с подкреплением (Reinforcement Learning, RL). Тема работы полностью соответствует современным трендам цифровой трансформации энергетики («Индустрия 4.0», «Энерджинет») и стратегическим задачам развития электроэнергетического комплекса России.

Автор убедительно обосновал необходимость перехода к автономным системам управления в условиях роста сложности, стохастичности и распределённости генерации активных электрических сетей. Проблематика работы соответствует ключевым вызовам современной энергетики: интеграции ВИЭ, появлению активных потребителей (просьюмеров), цифровизации сетевой инфраструктуры.

2. НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Сформулированные в работе семь положений, выносимых на защиту, содержат значимые результаты и обладают научной новизной. Особо следует отметить:

- Адаптацию иерархической модели интеллекта (НИМ) и разработку методологии построения интеллектуальной автономной системы управления (ИАСУ) для цифровых РЭС.
- Комплексную методологию построения цифрового двойника энергосистем на основе пятиуровневой архитектуры, совмещающей обучение RL-агента на данных физической сети и её виртуальной модели.
- Разработку концепции и принципов реализации системы «Автономный диспетчер» как интеллектуального ядра ИАСУ.

Сделанные в работе выводы и рекомендации теоретически достаточно обоснованы, подтверждены практикой применения.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в создании целостной концепции иерархического интеллектуального управления, объединяющей современные достижения в области RL, теории сложных систем и когнитивной автоматизации.

Практическая значимость результатов подтверждается тем, что разработанные методология и программные комплексы прошли успешную апробацию на реальных и тестовых объектах (энергорайон Академгородка в Иркутске, изолированные системы Бурятии, Якутии, Приморского края, гибридная микросеть ИСЭМ СО РАН). Достигнутые технико-экономические эффекты (снижение LCOE на 20-60%, улучшение показателей SAIDI/SAIFI, оптимизация энергопотребления зданий) подтверждены актами внедрения и свидетельствуют о готовности результатов к практическому использованию.

4. ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ВЫВОДОВ, ПОЛОЖЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Выводы работы и рекомендации базируются на корректном использовании математического аппарата, современных методов

моделирования и анализа данных. Результаты подтверждены натурными испытаниями, сравнениями с традиционными методами и опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых журналах (в т.ч. Q1, Q2 Scopus/WoS).

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ ДИССЕРТАЦИИ УСТАНОВЛЕННЫМ КРИТЕРИЯМ

Диссертационная работа Томина Н.В. полностью отвечает требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а именно:

5.1. Указанная соискателем цель работы – достигнута.

5.2. Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе по всем квалификационным признакам: по цели и задачам исследования; по основным положениям, выносимым на защиту; по обоснованию актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и др.

5.3. Диссертация структурирована, изложена ясным научным языком.

5.4. Основные выводы и результаты диссертационной работы соответствуют поставленным задачам и сформулированы автором логично и содержательно.

5.5. Научные публикации Томина Н.В., изданные в период работы над диссертацией, соответствуют тематике диссертационной работы и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные результаты и выводы.

5.6. Тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту научной специальности 2.4.3, а именно пунктам 10,16,20.

6. АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации составляет 588 страниц с 236 рисунками и 23 таблицами. Список литературы содержит 538 наименований. В приложениях приведены описание математических моделей электрических сетей и её компонент, сведения об апробации и применении результатов исследования.

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы ее цель и задачи, приводится обзор научной литературы, представлены научная новизна и практическая значимость результатов, выносимые на защиту положения.

Первая глава посвящена обзору исследований и анализу проблемы перехода современных электроэнергетических систем и активных распределительных электрических сетей к автономному управлению при их интеллектуализации и цифровизации.

Во второй главе представлены результаты анализа достижений и перспектив применения современных методов ИИ и машинного обучения, „иерархической модели интеллекта“ (НИМ) для разработки автономных систем управления современных электрических сетей.

В третьей главе представлены результаты исследования возможностей применения RL для разработки систем управления режимами активных электрических сетей на основе ИИ.

Четвертая глава посвящена разработке цифровых двойников энергетических объектов на базе RL.

В пятой главе представлена методология построения и функционирования самообучающихся САУ нижнего и среднего уровней предложенной ИАСУ.

В шестой главе представлено системное изложение концепции построения и внедрения ИАСУ цифровыми распределительными сетями с автономным управлением, объединяющее теоретические и практические разработки предыдущих глав.

В заключении обобщены результаты, полученные в диссертационной работе.

7. ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ

1. Базовым объектом приложения разрабатываемого управления является, так называемый, цифровой РЭС – объект с предельной наблюдаемостью, управляемостью, телекоммуникационными возможностями, развитыми базами данных, в т.ч. ретроспективных.

Обеспечение всех этих условий является весьма затратным, что несомненно будет сказываться на экономической доступности электроснабжения для потребителей в России.

2. Общая постановка задачи исследования состоит в разработке автономной системы управления, т.е. со 100% автоматическим управлением, однако, в последующем применительно к ЭСО говорится о достижении уровня 90%. Требуется пояснения, как получена такая оценка, и почему не достижим уровень 100%.
3. В работе недостаточно внимания уделено когнитивной автоматизации на базе экспертных технологий, а также гибридной, с применением ИИ как нейронного, так и экспертного типов, что, в общем случае, позволило бы более комплексно решать задачу создания систем автономного управления.
4. Большое значение в работе придается цифровому двойнику режимов энергетических объектов, сочетающих точное моделирование режимов оборудования с поведенческими аспектами участников энергорынка, однако, достижимость требуемой точности, особенно в отношении реальных динамических режимов, вызывает большие сомнения.
5. Не оправдана представленная обязательность применения технологии блокчейна при реализации оптимального управления микроэнергетическими системами городской среды и изолированных территорий, объединёнными в энергетическое сообщество.
6. В работе сделан акцент на преимуществах автономных систем. Какие основные технические и кибернетические риски (например, устойчивость RL-алгоритмов к атакам на данные, проблемы объяснимости решений «чёрного ящика», корректность работы в экстремальных нештатных ситуациях) являются наиболее критичными при внедрении предложенных систем, и как предлагается их нивелировать?
7. Предложенные методы, особенно мультиагентное RL и сложные цифровые двойники, требуют значительных вычислительных ресурсов для обучения и работы в реальном времени. Как решается

- проблема масштабируемости для управления крупными городскими или региональными распределительными сетями? Существуют ли оценки необходимой производительности вычислительной инфраструктуры?
8. Как в предложенной трехуровневой архитектуре ИАСУ («Автономный диспетчер») обеспечивается прагматичная интеграция с уже развёрнутыми и функционирующими традиционными SCADA, АСУ ТП и системами релейной защиты? Предусмотрены ли этапы гибридной работы и поэтапной миграции?
 9. Положение 7 касается комплексной модели управления цифровым РЭС с сервисом «интеграции зданий в сеть». В чём состоит ключевое отличие и преимущество предлагаемой мультиагентной координации электропотребления зданий от существующих подходов к управлению спросом (Demand Side Management), также использующих интеллектуальные алгоритмы?
 10. В диссертации отсутствует глоссарий основных терминов, представляющих, в том числе, их однозначную авторскую интерпретацию, что способствовало бы, как лучшему восприятию материала при его изучении, так и исключало бы смысловое различие при определении и употреблении терминов в разных разделах.
 11. Раздел 1.5. имеет слишком общее название «Постановка задачи», а его содержание, в основном, посвящено не постановке задачи, а предлагаемому решению.
 12. Представляется чрезмерным как общий объем диссертации, так и ее основной части.

Сделанные замечания носят частный характер и не умаляют существа и значимости выполненного исследования, полученных в нем результатов.

8. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Томина Н.В. является законченной научно-квалификационной работой, обладающей актуальностью, научной новизной, теоретической и практической значимостью полученных результатов,

выполнена на высоком научно-методическом уровне, отличается логической стройностью, полнотой и глубиной проработки материала.

В работе решена научная проблема качественного развития объектов электроэнергетики с высокой стохастичностью генерации и потребления энергии путем применения систем автоматического управления режимами с ядром на основе искусственного интеллекта нейронного типа, предложены целостная концепция и методология, охватывающие все этапы — от анализа проблемы и выбора инструментов ИИ до синтеза конкретных систем управления, их экспериментальной апробации.

Автор продемонстрировал глубокие теоретические знания в области электроэнергетики, теории управления, искусственного интеллекта и машинного обучения, а также умение применять их для решения сложных прикладных задач.

Работа носит междисциплинарный характер, умело сочетая методы моделирования режимов объектов электроэнергетики, теории автоматического управления, машинного обучения и информационных технологий.

Содержание диссертационной работы достаточно полно отражает постановку и решение поставленных задач. Текст диссертационной работы изложен грамотным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы диссертационного исследования представлены в объеме, достаточном для понимания, доступно и репрезентативно. Сделанные в работе выводы и сформулированные рекомендации хорошо аргументированы.

Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе по основным квалификационным признакам: цель, задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

Основные научные и практические результаты изложены с достаточной полнотой изложены в 49 печатных изданиях, 9 из которых — в журналах (К1, К2), рекомендованных ВАК по специальности 2.4.3, 4 статьи в изданиях (К1, К2), рекомендованных ВАК по другим специальностям, 15 — в

периодических научных журналах (Q1,Q2), индексируемых Web of Science и Scopus, 14 — в тезисах докладов. Зарегистрированы 2 программы для ЭВМ.

Диссертационная работа Томина Никиты Викторовича полностью отвечает требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.3. Электроэнергетика (технические науки).

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Автоматизированные
электроэнергетические системы»

Александр Георгиевич Фишов

9 февраля 2026 г.

Подпись Фишова А.Г. заверяю

каф. ОЭ. ИТМ



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ)

Адрес: Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Телефоны кафедры: (383)346-13-34, (383)346-19-42

Эл. почта кафедры: m.frolov@corp.nstu.ru

Веб-сайт кафедры: ciu.nstu.ru/kaf/aees

Тел. (моб) Фишова А.Г.: +7(913)937-01-16

Эл. почта Фишова А.Г.: agfishov@yandex.ru