

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ на диссертацию

Митягина Даниила Олеговича
ФИО

Обоснование и выбор конструкционно-технологических параметров систем
накопления энергии с использованием моделей прогнозной аналитики
наименование темы научно-квалификационной работы

представленную к защите по направлению
по направлению 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка
информации, статистика
(шифр и наименование направления) по направленности

на академическую степень **кандидат технических наук**

1. Оригинальность и значимость результатов

В представленной диссертационной работе автором впервые предложен и обоснован комплексный гибридный подход к проектированию систем накопления энергии (СНЭ), основанный на интеграции статистических регрессионных моделей и нейросетевых алгоритмов прогнозирования деградации. В отличие от существующих методов, ориентированных либо на детальное физико-химическое моделирование (P2D-модель Дойла–Фуллера–Ньюмана), либо на эмпирический подбор компонентов, автор разработал сквозную прогнозно-аналитическую модель, позволяющую на этапе концептуального проектирования быстро и с высокой точностью оценивать влияние одиннадцати конструкционно-технологических параметров на ключевые показатели эффективности и надёжности.

Основные результаты:

– Построена структурная модель СНЭ, устанавливающая иерархические связи между конструктивными параметрами (доля никеля и кремния, пористость, толщина электродов, плотность тока, температура и др.) и выходными характеристиками (удельная ёмкость, энергетическая плотность, внутреннее сопротивление, показатель состояния здоровья SOH и потеря энергии). Впервые формализована задача многокритериального выбора как задача поиска Парето-оптимальных решений в пространстве «энергия – долговечность» с учётом пользовательских ограничений.

– Разработана гибридная модель, сочетающая регрессионный анализ для определения начальных значений выходных характеристик ($R^2 \geq 0,93$ для всех трёх моделей) и рекуррентную нейросеть (LSTM) для прогнозирования временной эволюции SOH. Показано, что предложенная

модель превосходит классическую P2D-модель по точности на 31,5% (по среднеквадратичной ошибке) и сокращает время расчёта с 15 минут до 2 секунд на один прогноз, что открывает возможность проведения многотысячных параметрических скринингов.

– Реализована процедура выбора оптимальных конструкционных параметров на основе генетического алгоритма NSGA-II, позволяющая по заданным пользователем пороговым значениям сохранения ёмкости и потери энергии выделять единственную конфигурацию ячейки для конкретного сценария использования (максимальная энергоёмкость, максимальный срок службы, высокая мощность, быстрая зарядка). Экспериментальная верификация на 124 коммерческих ячейках и 30 опытных образцах подтвердила отклонение прогнозных значений от реальных не более 5%.

Полученные результаты вносят существенный вклад в методологию системного анализа сложных электрохимических объектов и имеют прямую практическую ценность для ускорения поиска конструкционно-технологических параметров СНЭ.

• **2. Сильные стороны работы**

1. **Междисциплинарность.** Исследование органично объединяет методы системного анализа, теории принятия решений, математической статистики, машинного обучения и электрохимии. Автор не ограничивается узкоспециализированным подходом, а предлагает универсальную методологию, применимую к широкому классу энергетических систем.
2. **Комплексность.** Работа охватывает полный научно-исследовательский цикл: от теоретико-информационного анализа и формализации задачи, через построение и верификацию регрессионных и нейросетевых моделей на синтетических и реальных данных, до многокритериальной оптимизации, экспериментальной проверки и внедрения в реальное производство (НПО «Тепловизор»). Такой объём исследований характерен для полноценных кандидатских диссертаций.
3. **Прикладная направленность.** Разработанный программный инструмент позволяет инженерам в сжатые сроки подбирать параметры ячеек под заданные эксплуатационные требования, сокращая время многовариантного анализа и снижая затраты на натурные испытания. Работа соответствует приоритетным направлениям научно-технологического развития РФ в области высокоэффективной и ресурсосберегающей энергетики.
4. **Публикационная активность.** По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, из которых 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Автор неоднократно выступал с докладами на международных

3. Слабые стороны

4. Заключение

Считаю, что работа заслуживает оценки **«отлично»**, а её автор – Митягин Даниил Олегович – достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук.

« 01 » ИЮНЯ 2026 г.

подпись

