

О Т З Ы В

на автореферат диссертации **ЦЫБИКОВА Алексея Ринчиновича**
«Методический подход к построению цифровых двойников энергетических объектов с применением моделей машинного обучения (на примере солнечной электростанции)»,

представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Проектирование солнечных электростанций (СЭС) связано с необходимостью учета множества факторов, влияющих на их работу, включая изменчивость погодных условий и особенности используемого оборудования. При этом проведение натурных экспериментов не всегда представляется возможным, особенно на ранних этапах проектирования. В связи с этим особую значимость приобретают методы математического моделирования и цифровые двойники, позволяющие исследовать поведение энергетических объектов в различных условиях. Тем самым, представленная диссертационная работа, посвященная исследованию и разработке подходов к построению умных цифровых двойников энергетических объектов с применением технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, является актуальной.

Существенным результатом работы представляется предложенное сочетание агрегированной математической модели СЭС, онтологического описания предметной области, виртуальной среды и моделей машинного обучения. Важно, что эти элементы рассматриваются не изолированно: их совместное использование конкретизировано в методике построения цифрового двойника и реализовано в виде прототипа программного комплекса с агентно-сервисной архитектурой.

Также внимания заслуживает численный метод EnvSwitch, в котором выбор прогнозной модели зависит от состояния внешней среды. В автореферате приведены результаты вычислительных экспериментов с моделями машинного обучения LSTM, GRU и XGBoost, а качество прогнозирования оценивается по количественным критериям. Тем самым, исследование содержит не только формальное описание предлагаемых решений, но и экспериментальные результаты, позволяющие судить об их возможностях и ограничениях.

Научная новизна исследования связана с разработкой методического подхода, объединяющего математические, семантические и интеллектуальные компоненты цифрового двойника, а также с адаптацией численного метода ансамблирования к режимам внешней среды. Теоретическая значимость заключается в формализации взаимодействия этих компонентов; практическая – в создании инструментальной основы для вычислительных экспериментов при исследовании солнечной электростанции и подготовке цифрового двойника к дальнейшему развитию.

По содержанию автореферата имеются следующие *замечания*.

1. В вычислительных экспериментах рассматриваются модели машинного обучения LSTM, GRU и XGBoost. Было бы целесообразно пояснить, чем был обусловлен выбор именно этих моделей для сравнительной оценки и использования в методе EnvSwitch.

2. В работе объединяются математическая модель солнечной электростанции и модели машинного обучения, формирующие прогнозные характеристики. Однако,

остается не вполне понятным, на каком этапе работы цифрового двойника предполагается контролировать физическую допустимость прогнозируемых значений, например неотрицательность солнечной радиации и соответствие расчетной мощности техническим ограничениям станции.

3. При эксплуатации цифрового двойника данные измерительного оборудования могут содержать пропуски и ошибочные значения. Каким образом предполагается выявлять такие данные и предотвращать их влияние на определение состояния внешней среды и выбор прогнозной модели?

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

В целом, судя по автореферату, диссертационная работа имеет законченный характер, характеризуется научной новизной и практической значимостью и вносит вклад в развитие методов и средств программной поддержки моделирования энергетических объектов. Работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, ЦЫБИКОВ Алексей Ринчинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Профессор кафедры «Информатика и программное обеспечение»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»,
кандидат технических наук (по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»), доцент

- Подвесовский Александр Георгиевич

06 октября 2026 г.

241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7
тел./факс (4832) 56-09-84, e-mail: apodv@tu-bryansk.ru
<https://www.tu-bryansk.ru/sveden/employees/37>

