

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора экономических наук, профессора Богачковой Людмилы Юрьевны на диссертационную работу Черновой Анастасии Дмитриевны на тему «Разработка системы поддержки принятия решения по техническому перевооружению и реконструкции района электрических сетей на основе технологии искусственных нейронных сетей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

1. Актуальность темы исследования

В настоящее время активно обсуждается цифровая трансформация электроэнергетики России, в результате которой данные могут рассматриваться как самостоятельный фактор, влияющий на эффективность работы электросетевых компаний. Накопление больших объемов информации в цифровом виде позволяет провести её интеллектуальный анализ, что способствует изменению бизнес-процессов и открывает новые возможности для управления в электрических сетях.

Вместе с тем, в электросетевых компаниях сохраняется проблема износа оборудования. Для стабильного функционирования технологической инфраструктуры электроэнергетики необходима его масштабная замена в рамках технического перевооружения и реконструкции (ТПиР). Однако это затрудняется из-за ограниченного финансирования.

Сложность решаемых задач, связанных с ТПиР, построение бизнес-процессов на основе анализа большого объема данных, возрастающие требования к показателям эффективности проектов в электроэнергетике, заинтересованность различных субъектов – все это приводит к необходимости автоматизации и использованию систем поддержки принятия решения.

Таким образом, диссертация А.Д. Черновой посвящена поиску решения важной народнохозяйственной задачи и актуальной научной проблемы, состоящей в разработке автоматизированной системы поддержки принятия решения по ТПиР электрических сетей в условиях финансового ограничения на основе многокритериального оценивания альтернатив каждого объекта ЭС с применением нейросетевых технологий.

Вх. №05-19/1-21 1
от 23.01.20г.

2. Новизна исследований и полученных результатов

Новизна диссертационной работы состоит в том, что в процессе принятия решения выделено два уровня. На первом уровне формируются альтернативы для каждого объекта ЭС, оцениваются и ранжируются по степени предпочтительности. Затем на втором уровне, с учётом финансового ограничения из предпочтительных альтернатив объектов ЭС формируются альтернативы ТПиР района электрических сетей. Таким образом, разработанные модели и алгоритмы позволяют сформировать, оценить и предложить приоритетный вариант ТПиР района электрических сетей с детализацией для каждого объекта. В диссертационной работе получены следующие результаты, имеющие научную значимость:

– сформирован комплекс показателей (экономические; социально-экологические; отражающие эффективность использования ресурсов; характеризующие надежность электроснабжения и другие) для многокритериальной оценки альтернатив ТПиР объектов электрических сетей (представлен в таблице 2.1 на стр. 57). Предложены формулы для численного расчета критериальных показателей (стр. 58-75);

– предложена математическая модель формирования альтернатив объекта электрических сетей, для которых адаптирован метод многокритериальной оценки, основанный на использовании искусственной нейронной сети, обученной с помощью алгоритма обратного распространения ошибки (стр. 43-91);

– в виде системы уравнений условной оптимизации предложена математическая модель выбора приоритетной альтернативы ТПиР района ЭС; на её основе, а также с использованием теории графов предложен метод выбора приоритетной альтернативы ТПиР района ЭС (стр. 98-109);

– для выбора приоритетной альтернативы ТПиР района электрических сетей, сформированной из предпочтительных альтернатив объектов ЭС с учетом технико-экономических требований, разработана структурно-функциональная модель принятия решения (стр. 110-116).

3. Теоретическая и практическая значимость, реализация результатов

Теоретическая значимость диссертационного исследования А.Д. Черновой заключается в предложенных моделях и методах оценки вариантов по ТПиР как объектов электрических сетей, так и образуемого этими объектами района электрических сетей в условиях финансового ограничения. Подтверждением научной значимости результатов является то, что они реализованы в госбюджетной НИР «Разработка интеллектуальных

электроэнергетических систем с активно-адаптивной сетью» (номер госрегистрации ГР № 116040410003). Основные положения диссертационного исследования представляют собой приращение научного знания в области математических моделей и инструментальных средств, предназначенных для поддержки принятия решений по модернизации региональных распределительных электрических сетей.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения в процессе модернизации электрических сетей региона следующих программ для ЭВМ: 1) программы расчета критериев оценки альтернатив развития систем электроснабжения (свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2017611536; зарег. Роспатентом 10.04.2017); 2) программы «Система поддержки принятия решения по выбору альтернатив развития электрических сетей «ВАРЭС»» (свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ №2018615074; зарег. Роспатентом 23.04.2018).

Практическая реализация результатов состоит в том, что они внедрены в производственный процесс на стадии технического тестирования, эксплуатируются в ООО «А7 Агро»; внедрены в деятельность службы технического перевооружения реконструкции филиала ПАО «МРСК Волги» «Оренбургэнерго», что подтверждается актами о внедрении.

В научно-методическом плане выводы и рекомендации теоретического и прикладного характера используются в учебном процесс ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

4. Обоснованность и достоверность научных выводов, положений и рекомендаций

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием общенаучных методов, математических и инструментальных средств в ходе математического моделирования и проектирования информационных систем. Исследование опирается на большое количество трудов российских и зарубежных ученых, материалы периодической печати, электронные ресурсы, посвященные вопросам информационно-аналитического сопровождения процессов принятия управленческих решений по ТПиР электросетевого хозяйства. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций основывается на согласованности результатов исследования с существующими положениями предметной области.

Авторская концепция, выводы и предложения убедительны и научно аргументированы. Диссертационная работа содержит необходимые ссылки на литературные источники. Диссертация включает обширный аналитико-статистический материал.

5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа А.Д.Черновой в полном объеме отвечает критериям, которые установлены «Положением о присуждении ученых степеней» УрФУ. В диссертации соблюдены следующие принципы соответствия.

1) Указанная диссертантом цель работы – разработка автоматизированной системы поддержки принятия решения по выбору приоритетной альтернативы технического перевооружения и реконструкции района электрических сетей в условиях финансового ограничения и многокритериального оценивания альтернатив каждого объекта ЭС с применением нейросетевых технологий – реализована в рамках представленной диссертационной работы.

2) Автореферат диссертации А.Д.Черновой соответствует диссертационной работе по всем квалификационным признакам: цели, задачам исследования, основным положениям, определению актуальности, научной и практической значимости, новизны и др.

3) Основные выводы и результаты диссертационной работы соответствуют поставленным задачам исследований и сформулированы автором структурно, логично и содержательно.

4) Научные публикации А.Д.Черновой, изданные в период с 2013 по 2018 гг., соответствуют диссертационной работе и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные результаты и выводы.

5) Тема и содержание диссертации А.Д.Черновой соответствуют паспорту специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»:

- по направлению работы, связанному с исследованиями «по связям и закономерностям при планировании развития, проектировании и эксплуатации ... электрических сетей и систем электроснабжения. В рамках специальности проводятся исследования по развитию и совершенствованию теоретической и технической базы электроэнергетики с целью обеспечения экономичного и

надежного производства электроэнергии, ее транспортировки и снабжения потребителей электроэнергией в необходимом для потребителей количестве и требуемого качества»;

- *по областям исследования* в соответствии с пунктами паспорта специальности: разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике (П. 5); разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике. (П.8); разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике (П. 13).

- *по объектам исследования* – техническое перевооружение и реконструкция электрических сетей в части «исследования по связям и закономерностям при планирование развития, проектировании и эксплуатации... электрических сетей».

Диссертационная работа А.Д. Черновой написана логичным, понятным языком, выводы и рекомендации изложены аргументированно. Материалы и результаты исследований изложены в объеме, достаточном для понимания их сути, четко, доступно и достаточно репрезентативно.

6. Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения. Полный объем диссертации составляет 189 страниц, включая 49 рисунков, 14 таблиц и 6 приложений. Список литературы содержит 127 наименований.

Во введении (стр. 4-10) обоснована актуальность выбранной темы исследования. Сформулированы цели и задачи, указаны научная новизна и практическая значимость результатов исследования. Представлены положения, выносимые на защиту, описана структура работы.

В первой главе (стр. 11-42) представлен анализ применения в электроэнергетике интеллектуальных систем поддержки принятия решения. Выявлены преимущества и недостатки методов, используемых для их реализации, сделан вывод о перспективности использования искусственных нейронных сетей. Также в главе описана предложенная автором двухуровневая структура процесса принятия решения по ТПиР района электрических сетей с выделением основных этапов на каждом уровне согласно классической теории принятия решения. В конце главы выполнен анализ современного состояния электрических сетей Оренбургской области.

Во второй главе (стр. 43-93) описывается модель выбора мероприятий по ТПиР объектов ЭС (подстанций и линий электропередач), основывающаяся на техническом состоянии оборудования, уровне перспективной нагрузки, выбора вида номенклатурных работ. Представлена модель формирования альтернатив объекта электрических сетей, для неё адаптированы и формализованы технико-экономические, социально-экологические и эксплуатационные критерии оценки альтернатив. Приводится описание метода многокритериальной оценки альтернатив объектов ЭС, реализованного на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). Предложено ранжировать альтернативы объектов ЭС по коэффициенту предпочтительности, значение которого получено на выходе ИНС в результате подачи на её вход значений критериев оценки. Обоснована архитектура ИНС, показан выбор её параметров и алгоритма тренировки, позволяющих достичь высокий процент правильно принятых решений.

Третья глава (стр. 94-117) представляет описание модели и метода выбора приоритетной альтернативы технического перевооружения и реконструкции района электрических сетей. Определены условия формирования и выбора альтернативы ТПиР района электрических сетей, предложена система уравнений оптимизации, позволяющая выбрать приоритетную альтернативу по минимизации затрат на ремонт и ущерб при выходе из строя оборудования, не вошедшего в инвестиционную программу. Предложен метод формирования предварительных альтернатив ТПиР района ЭС на основе метода дерева решений. Формирование окончательных альтернатив предложено осуществлять после проверки возможности точечной замены оборудования на объектах, не вошедших в ветвь решения.

В конце главы представлена разработанная двухуровневая структурно-функциональная схема принятия решения по ТПиР района электрических сетей, содержащая: уровень принятия решения по выбору предпочтительных альтернатив объектов электрических сетей; уровень принятия решения по выбору приоритетной альтернативы ТПиР района ЭС, формируемой из предпочтительных альтернатив объектов ЭС с учетом финансового ограничения, технического состояния оборудования, а также последствий его отказа.

В четвёртой главе (стр. 118-150) описана реализация алгоритмов и создание реляционной базы данных на основе предлагаемых моделей и

методов. Приведены результаты апробации разработанной системы поддержки принятия решения по техническому перевооружению и реконструкции района электрических сетей на примере Центрального района электрических сетей Оренбургской области (как для случая с финансовым ограничением, так и без него). Результаты работы системы согласуются с предложениями для района электрических сетей, указанными в документах по развитию электрических сетей Оренбургской области.

В заключении (стр. 151-153) приведены выводы и обобщены результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

7. Вопросы и замечания по содержанию диссертации

7.1. С экономической точки зрения в диссертации высокопрофессионально, с глубоким, до мельчайших подробностей знанием предметной области и инструментальных средств рассмотрена и решена весьма специфическая задача об инвестициях. Это задача о распределении экзогенно заданной суммы денег между различными объектами региональной электрической сети для их модернизации с целью обеспечения как можно более надежного и качественного электроснабжения потребителей. Специфика заключается в том, что основным источником инвестиций является регулируемый тариф на транспортировку электроэнергии, оплачиваемый потребителями. Тариф рассчитывается на основе необходимой валовой выручки, в которую априори заложены все финансовые средства на обновление. До последнего времени региональные органы тарифного регулирования могли увеличивать тариф выше установленных ФАС верхних предельных уровней, если этого требовали инвестиционные программы территориальных сетевых организаций (ТСО). В этих условиях нет смысла рассматривать такие показатели эффективности инвестиций, как чистый дисконтированный доход, внутренняя ставка доходности, срок окупаемости. Все и так окупалось через тарифы. Однако в августе 2019 года был принят Федеральный закон №300-ФЗ об изменениях тарифного регулирования, а именно: с 1 января 2023 года тарифы для ТСО устанавливаются на долгосрочный период от 5 до 10 лет; исключается возможность повышения тарифов; средства, сэкономленные в результате модернизации сетей и снижения издержек ТСО остаются в распоряжении ТСО. Таким образом, актуализируется оценка эффективности инвестиций в ТПиР ТСО уже в ближайшем будущем.

В любом случае, как в настоящее время, так и применительно к ближайшему будущему, в научной работе об инвестициях в ТПиР объектов электросетевого хозяйства желательно было бы предусмотреть в явном виде

агрегированную оценку экономического эффекта от внедрения данного проекта и указать период времени, в течение которого эффект будет достигнут.

7.2. На стр. 32-33 диссертации описывается использование ИНС в задачах принятия решения. На стр. 33 автор пишет: «Обучение сети считается законченным, когда ошибка вместе с градиентом функции ошибок достигают минимума, а дальнейшие эпохи обучения приводят только к росту ошибки». В связи с этим естественно возникает вопрос о существовании и единственности этого минимума, о сходимости к нему процесса обучения.

7.3. На стр. 57 диссертации в таблице 2.1 и в диссертации в целом в качестве критериев, учитываемых при выборе варианта ТПиР, называются: дисконтированные и приведенные затраты; протяженность трасс кабельных линий;; качество энергии. Представляется, что более корректно было бы называть перечисленное не «критериями», а «критериальными показателями», в то время как критерии – это минимизация или максимизация соответствующих критериальных показателей.

7.4. В п. 2.4 диссертации описывается метод многокритериальной оценки альтернатив объектов электрических сетей на основе нейронных сетей, включающий классификацию альтернатив объектов электрических сетей на предпочтительные и нецелесообразные. Для оценки эффективности работы классификатора используется F-мера, рассчитываемая по формуле (2.59) на стр. 85 диссертации. При этом неясно, почему она представляет собой среднее гармоническое точности и полноты принятия решения, так как, во-первых, неясно, какие переменные описывают точность и полноту; во-вторых, формула внешне не похожа на общепринятое представление средней гармонической.

Приведенные замечания не влияют на общую высокую оценку данной диссертации и не оспаривают научной и практической значимости основных результатов, полученных автором.

8. Общее заключение

Представленная диссертационная работа А.Д. Черновой является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, научной новизны и практической значимости.

Задачи, решаемые в работе, объединены общей научной идеей создания системы поддержки принятия решения по техническому перевооружению и реконструкции электрических сетей. В диссертации предложены модели и методы формирования и оценки альтернатив технического перевооружения и реконструкции электрических сетей, что позволяет сократить время принятия решения и повысить обоснованность выбора приоритетного варианта.

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Основные научные результаты диссертации подробно изложены в публикациях. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, из них 1 статья в сборнике трудов конференции, публикуемом в цифровой библиотеке "IEEE Xplore", индексируемой наукометрической базой Scopus; получено 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, в том числе 2 свидетельства гос. рег. программы для ЭВМ Роспатента.

Представленная работа выполнена автором самостоятельно, направлена на решение актуальной научно-практической задачи, обладает признаками научной новизны и практической значимости, и отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Чернова Анастасия Дмитриевна, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент

Доктор экономических наук, профессор,
кандидат физико-математических наук,
профессор кафедры прикладной информатики и
математических методов в экономике
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Волгоградский
государственный
университет»

Богачкова Людмила Юрьевна

Подпись *Богачковой Людмилы Юрьевны* заверяю
Ученый секретарь федерального
государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Волгоградский государственный
университет»
Н.В. Лисовская
2019 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет»
400062, Россия, г. Волгоград, просп. Университетский, 100
Тел.: +78442405818
e-mail: bogachkova@volsu.ru