

ОТЗЫВ

официального оппонента

КОРОВКИНА НИКОЛАЯ ВЛАДИМИРОВИЧА

на диссертационную работу

БАЯР БАТ-ЭРДЭНЭ

**«НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ
КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ МОНГОЛИИ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ»**

Специальность: 2.4.5. Энергетические системы и
комплексы

Актуальность. В диссертации разработана концепция научно-методологического исследования проблем развития электроэнергетики в Монголии. Работа направлена на выявление научно обоснованных путей реализации программы «Дальновидение – 2050», а также долгосрочных и среднесрочных планов государственной энергетической политики. Особое внимание уделено разработке технико-экономических и технологических основ для создания единой электроэнергетической системы, которая должна работать в синхронном режиме с электроэнергетическими системами соседних стран и обеспечить выход Монголии на энергетический рынок Северо-Восточной Азии.

Актуальность данной работы обусловлена ее значимостью для монгольского научного сообщества, инженеров и специалистов электроэнергетической отрасли, а также для работников государственных и отраслевых структур, принимающих решения в области энергетики. Цель и задачи исследования сформулированы с учетом особенностей социально-экономического развития Монголии, географических условий, структуры энергопотребления, наличия первичных энергоресурсов, а также под влиянием внутренних и внешних факторов.

И общая тематика работы, и рассмотренные в ней постановки частных задач представляются актуальными и новыми для развития энергетики Монголии.

Соответствие специальности представляется мне несомненным. Работа полностью соответствует пунктам 1, 3, 5 и 7 паспорта специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы.

Цель работы (в моей сокращенной редакции), состоящая в создании научно обоснованной концепции, и вычислительных инструментов для обоснования комплексного развития электроэнергетической системы Монголии и определении оптимальных направлений развития ее электроэнергетики с использованием системного подхода актуальна и полностью соответствует тем задачам, которые решаются в работе.

Методологией исследования и теоретической частью работы стал системный подход. С его помощью был проведён комплексный анализ исторического развития и текущего состояния электроэнергетики Монголии, а также изучены ключевые особенности распределения плотности энергопотребления по территории страны, решены основные задачи работы. Как справедливо отмечает автор, системный подход состоит в учете внешних факторов и взаимосвязей системы, представлении системы как иерархической структуры сложных объектов, учете неопределенностей от неполноты и противоречивости исходной информации и многокритериальности. В работе использовано большинство перечисленных составляющих системного подхода, за исключением многокритериальности, о чем будет сказано ниже.

В целом, методология, принятая в работе, соответствует поставленным в работе задачам.

Структура и содержание работы. Работа состоит из введения, семи глав, заключения и приложений.

Первая глава содержит анализ развития электроэнергетики Монголии и перспектив её дальнейшего роста, что тесно связано с переходом от аграрного к аграрно-индустриальному развитию страны. Автор отмечает, что сегодня ~80% электроэнергии производится угольными ТЭЦ, тогда как на возобновляемые источники приходится менее 20%. Недостаток регулирующих мощностей и автоматизации ЭЭС вынуждает импортировать электроэнергию. Это требует новых научно-обоснованных подходов для решения проблем энергетической системы Монголии. Автор также анализирует состояния ЭЭС страны, систем релейной защиты и прогнозирования потребления. В качестве вывода обосновывается необходимость создания Единой электроэнергетической системы и усиления связей с соседними странами.

Вторая глава рассматривает модели развития электроэнергетических систем. Автор отмечает, что методологическая основа системных исследований была заложена школой Г.М. Кржижановского и развивалась в СССР и России, в рамках которой была создана математическая модель для оптимизации структуры генерирующих мощностей, реализованная в комплексе «СОЮЗ». В качестве заключения по главе отмечается неизбежность перехода к интеллектуальным энергосистемам, что потребует создания новых моделей и методов, что повышает ценность и актуальность системного подхода.

Третья глава рассматривает методологию исследования электроэнергетики Монголии на основе иерархической структуры ЭЭС. Автор предлагает четырёхуровневый подход, начиная с локальных ЭЭС и заканчивая будущими интеграциями в азиатскую энергосеть. Основной акцент исследования сделан на разработку математических моделей для оптимизации и прогнозирования электропотребления, учитывающих внутренние и внешние факторы.

В четвертой главе разрабатывается инструментарий для обоснования развития ЭЭС Монголии, отражающий отмеченную выше специфику экономики страны. На основе системного

анализа текущего состояния энергетических потребностей Монголии автором предложена оригинальная парадигма стратегии создания ИЭС Монголии, включающая методологию создания математической модели ИЭС. Основой прогнозирования роста электропотребления в работе предложено считать увеличение потребления электроэнергии за счет увеличения количества населения страны и из-за появления новых энергоемких производств. Это позволило автору получить относительно простые выражения для прогнозируемого энергопотребления.

Результаты исследования позволяют создать эффективную структуру региональных энергосистем (РЭЭС), соответствующую нормативным требованиям. Для оптимизации развития энергосистем использовалась модель ПВК СОЮЗ, которая позволяет анализировать различные сценарии в критических ситуациях, оптимизировать структуру энергосистем и потребления электроэнергии, а также оценивать эффективность мероприятий по энергосбережению и технико-экономические показатели новых объектов. В качестве целевой функции автор рассматривает сумму годовых переменных и постоянных затрат на источники энергии, приведенных капиталовложений при вводе новых мощностей, годовых постоянных издержек и приведенных капиталовложений в межсистемные связи. В качестве ограничений выступают уравнения баланса мощности в узлах сети. Анализ режимов выполнялся с использованием RastWin и Power Factory.

Результатом системного анализа является общая методология математического моделирования иерархического развития ЭЭС Монголии. Это включает создание новых генерирующих мощностей, ЛЭП, формирование региональных ЭЭС и оптимизацию совместной работы ЭЭС разных уровней. Модели могут быть реализованы с использованием существующих программных инструментов.

В пятой главе на основе выработанной в главе 4 методологии рассмотрен детальный прогноз энергопотребления различных частей Монголии, разработана базовая схема единой ЭЭС Монголии, предложена оптимальная структурная схема ЭЭС на 2030 год. Основным выводом рассмотрения является, по моему мнению, уточненный прогноз роста потребления электроэнергии для всей Монголии, с максимальным значением 25,2 млрд кВт·ч к 2050 г., что обеспечит плотность электропотребления – 12,1 тыс. кВт·ч/км²·год, а для Центрального и Гобийского регионов, эти показатели достигнут 116,8 и 18,3 тыс. кВт·ч/км²·год соответственно.

В шестой главе исследуются перспективы развития ЭЭС Монголии и ее интеграции в энергетическое пространство Северо-Восточной Азии. Предложено на основе объединения пяти региональных ЭЭС, не полностью обеспечивающих регионы электроэнергией, создать три ЭЭС решающие проблемы энергоснабжения. Предложены меры для обеспечения надежности снабжения по линиям электропередачи и созданию новых источников энергии. Предусмотрены межсистемные связи с РФ по трём направлениям и с КНР по одному, что обеспечит совместную

работу с энергосистемами соседних стран. Оценена величина потребности ввода мощности (~1,5 ГВт).

Седьмая глава рассматривает возможность создания в Монголии интеллектуальной ЭЭС, рассматриваемой в работе как интегрированная и самоуправляемая система генерации и потребления электроэнергии. Показано, что и как следует совершенствовать в ЭЭС Монголии для перехода к интеллектуальной ЭЭС. Основное внимание уделяется совершенствованию систем контроля и управления в нормальных и аварийных ситуациях, реорганизации противоаварийной автоматики, новой системы мониторинга переходных режимов. Также рассмотрена задача оптимальной локации РМУ.

Приложения содержат обширный материал по деталям решения рассматриваемых в работе задач, а также акты внедрения результатов работы.

Научная новизна. В целом, мое представление о научной новизне настоящего диссертационного исследования близко к точке зрения автора. В моей сокращенной редакции она может быть представлена в следующем виде:

Системный подход позволил автору выполнить комплексный анализ истории развития энергетики Монголии, выделив временные интервалы качественных изменений в электроэнергетике страны.

Разработаны методы прогнозирования электропотребления в Монголии с учетом особенностей страны и получены содержательные обоснованные прогнозы.

Создан подход, методика моделирования и инструментарий для исследования развития ЭЭС Монголии с четырьмя уровнями иерархии.

Впервые представлена концептуальная модель ЭЭС Монголии с оптимальной схемой линий электропередачи и размещением энергоисточников в 12 энергоузлах с соответствующими параметрами, а также предложены теоретико-методологические основы для комплексного обоснования направлений развития электроэнергетических систем Монголии.

Практическая значимость работы состоит в том, что результаты задач, поставленных в диссертации, и реализация предложенных инициатив позволят создать оптимально структурированные комплексы региональных и Единой ЭЭС Монголии. Эти комплексы станут основой для формирования мощного топливно-энергетического комплекса (ТЭК), что повысит энергетическую безопасность страны. Результаты, полученные в диссертации, внесли важный научный вклад в технико-экономическое обоснование перспективных объектов электрогенерации (в т.ч. на базе возобновляемых энергоисточников) и электрических сетей (включая системообразующие линии высокого напряжения), важных с точки зрения создания ЕЭЭС Монголии.

Считаю такой состав научной новизны и практической значимости достаточным для докторской диссертации.

Публикации и апробация работы. По тематике работы автором опубликовано 28 статей на русском и монгольском языках в рецензируемых изданиях, из которых 14 входят в список изданий, рекомендованный ВАК РФ.

Результаты работы также неоднократно докладывались на конференциях различного уровня.

В целом, считаю, что основные результаты работы прошли достаточную проверку членами научного сообщества и их число достаточно.

Замечания по диссертационной работе. Основное внимание в работе автор уделяет различным аспектам оптимизации ЭЭС. Здесь и конфигурация сети, и состав генерирующего оборудования, и управление режимами. При выполнении той или иной оптимизации автором формулируется некоторая единая цель или, в математической интерпретации, некоторая скалярная функция экстремум которой ищется на допустимом множестве варьируемых параметров. В то же время, как убеждает нас опыт решения оптимизационных задач, достижение одной цели, как правило, не дает интегрального оптимального решения для сложной технической системы. Так, например, минимизация девиаций напряжений в узлах, может вызывать увеличение потерь в высоковольтных линиях, повышение запасов статической устойчивости может приводить к смещению характеристик генераторов в область с более низким КПД и т.п. Также большую важность имеют и экологические критерии достижение которых идет в разрез с технологическими. В этой связи для оптимизации и в особенности для оптимизации проектов реализуемых в перспективе целесообразно использовать векторные критерии качества и соответствующий математический аппарат.

Заключение по диссертационной работе

Сделанные замечания не снижают высокой в целом ценности проведенных исследований. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы. Диссертация является законченным, самостоятельным исследованием, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. В диссертации содержатся сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов. Предложенные автором диссертации решения обоснованы, приводится сравнение с другим известными решениями.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Баяр Бат-Эрдэнэ «Научно-методические основы обоснования комплексного развития электроэнергетической

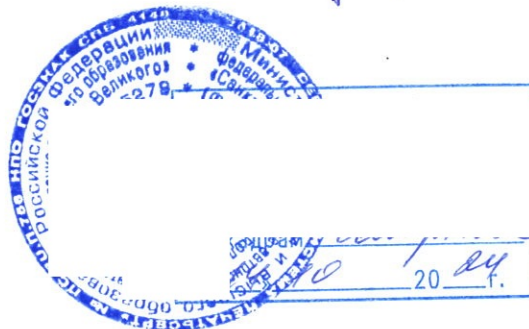
системы Монголии в новых условиях» отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, и критериям пп. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (с изм. и доп.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент,
профессор высшей школы «Высоковольтная энергетика»
Федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ») доктор технических наук, профессор

Николай Владимирович Коровкин

14.10.2024

Подпись заверяю:



Сведения

Полное наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

Юридический адрес: ул. Политехническая, д. 29 литера Б, Санкт-Петербург, 195251

Сайт: <https://www.spbstu.ru/>

Тел: +7 (812) 775-05-30

Эл. почта: office@spbstu.ru