

## Отзыв

официального оппонента

**Сулова Константина Витальевича**

на диссертационную работу **Баяр Бат-Эрдэнэ**

**“Научно-методические основы обоснования комплексного развития электроэнергетической системы Монголии в новых условиях”**,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы

### **Актуальность темы диссертации**

Данная диссертационная работа посвящена созданию научного подхода к разработке концепции научно-методологического исследования вопросов развития электроэнергетики Монголии. Задачи, которые решаются в диссертационной работе, направлены на поиски научно-обоснованных направлений практического осуществления действующих и разрабатываемых долго- и среднесрочных программ осуществления государственной политики в области энергетики Монголии. Также разработок технико-экономических и технологических основ создания Единой электроэнергетической системы, которая должна обладать возможностью параллельной работы с электроэнергетическими системами (ЭЭС) сопредельных государств. Данное обстоятельство позволит обеспечить в дальнейшем выход Монголии на экономико-энергетическое пространство Северо-Восточной Азии.

Вместе с тем, особенности монгольской экономики и электроэнергетики не позволяют однозначно принимать и переносить имеющиеся наработки в области методологии обоснования развития электроэнергетики, полученные в других странах, в т.ч. в России, на энергосистемы Монголии. Работы, выполненные в данной области в настоящее время, фрагментарны и охватывают только отдельные аспекты проблематики обоснования развития ЭЭС. В связи с этим, для формирования целостной научной базы обоснования развития электроэнергетики Монголии требуется трансформация существующих в различных странах научно-методических подходов, методик, вычислительных инструментов и разработка новых для широкого и конструктивного использования в стране в современных условиях и в перспективе. Этим обусловлены необходимость и важность в национальном масштабе выполнения исследований, представленных в данной диссертационной работе.

Таким образом, диссертационная работа, несомненно, является **актуальной** и востребованной, прежде всего, монгольским научным сообществом, инженерами и практиками, работающими в электроэнергетической отрасли, работниками государственных и отраслевых органов управления, а также для подготовки и принятия решений в других регионах с аналогичной структурой электроэнергетики.

## **Научная новизна работы**

1. С использованием системного подхода выполнен комплексный анализ истории развития энергетики и электроэнергетики Монголии, в результате чего выделены два периода и пять этапов их развития и современного состояния. Понятия периодичности и этапности имеют терминологические особенности и означают временные интервалы, в течение которых происходили качественно отличающиеся между собой события в развитии электроэнергетики страны. При этом периоды относятся к принципиально отличающимся по содержанию временным интервалам, а этапы к интервалам, которые определяются каким-либо качественным изменением электроэнергетики.

2. Сформированы методы и получены результаты прогнозирования электропотребления в Монголии с учетом специфики, которая характеризуется малой плотностью территориального распределения, являющейся следствием низкой численности населения, масштабности территории, исторически сложившегося вида основной хозяйственной деятельности и слабого развития энергоемких отраслей промышленности.

3. Разработаны методологический подход, методика моделирования, а также вычислительный инструментарий для исследования и обоснования развития электроэнергетических систем Монголии в перечисленных специфических условиях по схеме с четырьмя уровнями иерархического представления, соответствующими региональному, Единой ЭЭС страны, схеме с достаточными внешними электрическими связями, обеспечивающими совместную работу с ЭЭС сопредельных стран и в последующем с выходом на “суперсеть” стран Северо-Восточной Азии.

4. В работе впервые разработана концептуальная модель ЕЭЭС Монголии с оптимальной схемой системообразующих линий электропередачи и размещением энергоисточников в 12 энергоузлах с соответствующими им параметрическими показателями.

5. Впервые в рамках настоящей диссертации предложены теоретико-методологические основы комплексного обоснования направлений развития электроэнергетических систем и электроэнергетики Монголии, позволяющие многоаспектно рассматривать, исследовать и учитывать особенности (как электроэнергетической системы, так и отрасли), в т.ч. с учетом экологических факторов.

**Теоретическая значимость** работы состоит в том, что она вносит значимый вклад в укрепление и расширение научной базы системных энергетических исследований, в направлении совершенствования методического и модельного инструментария для обоснования развития электроэнергетических систем с учетом ряда специфических для развивающихся стран условий (на примере Монголии), включая низкую плотность электрической нагрузки, значительные расстояния между территориальными центрами электрической нагрузки, слабую связанность линиями электропередачи, существенную зависимость уровней

перспективного электропотребления от прихода зарубежных инвесторов, доминирование маломаневренных тепловых угольных электростанций, наличие значительного потенциала возобновляемых энергоресурсов и некоторые другие.

### **Практическая ценность и реализация**

Результаты последовательного решения поставленных в диссертационном исследовании задач и реализации предложенных направлений позволят создать оптимальные по структуре комплексы региональных и Единой ЭЭС Монголии, которые станут базой для дальнейшего формирования мощного ТЭК страны. Это обеспечит формирование в Монголии научно-обоснованной основы электроэнергетической системы с эффективной электросетевой и энергогенерирующей структурой, а также будет способствовать гармоничному развитию экономики регионов и обеспечению энергетической безопасности страны. Необходимыми первоочередными условиями при этом являются усиление электрических связей с сопредельными странами и рациональное размещение генерирующих источников в результате последовательного создания крупных промышленных образований в восточном, юго-восточном и западном районах страны. Разработанные научно-методическая база и вычислительный инструментарий могут быть использованы в дальнейших исследованиях по обоснованию перспектив развития электроэнергетики Монголии.

**Степень достоверности** результатов определяется соответствием используемых математических моделей и методов реальным электроэнергетическим системам. Данное соответствие достигается за счет того, что математические модели построены на базе фундаментальных законов электротехники, включая закон Ома, первый и второй законы Кирхгофа, учитывают энергобалансовые соотношения, технологические системные ограничения, реальные ограничения на развитие генерирующих мощностей и электрических связей в рассматриваемой перспективе. Проводимые исследования опирались на достоверные данные, полученные из надежных источников (государственных документов по развитию национальной электроэнергетической отрасли).

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертационная работа соответствует следующим направлениям исследований паспорта научной специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы в следующих пунктах:

• П.1: “Разработка научных основ (подходов) исследования общих свойств и принципов функционирования, методов расчета, алгоритмов и программ выбора и оптимизации параметров, показателей качества и режимов работы энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии в целом и их основного и вспомогательного оборудования”.

•П.3: “Разработка, исследование, совершенствование действующих и освоение новых технологий и оборудования для производства электрической и тепловой энергии, использования органического и альтернативных топлив, и возобновляемых видов энергии, водоподготовки и водно-химических режимов, способов снижения негативного воздействия на окружающую среду, повышения надежности и ресурса элементов энергетических систем, комплексов и входящих в них энергетических установок”».

•П.5: “Разработки и исследования в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии, при транспортировке теплоты и энергоносителей в энергетических системах и комплексах”.

•П. 7: “Исследование влияния технических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем, комплексов и установок на их финансово-экономические и инвестиционные показатели, региональную экономику и экономику природопользования”.

### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 33 печатные работы, из которых 11 статей в научных журналах, включенных в текущий перечень ВАК по специальности 2.4.5., из которых 10 в журналах категории К1, К2; 4 статьи в научных журналах, включенных в РИНЦ, в том числе 1 – в Перечень ВАК по другим специальностям; статей на монгольском языке – 14, а также 4 публикации в трудах конференций, входящих в международные наукометрические базы данных Web of Science и Scopus.

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и приложений. Полный объем составляет 289 страниц, включая 63 рисунка, 46 таблиц, 8 приложений. Список литературы содержит 141 наименование.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, сформированы цели и задачи исследований, приведены положения, выносимые на защиту, отмечены новизна полученных результатов, их научная и практическая значимость, представлены структура диссертации и основные результаты исследований.

**Первая глава** посвящена ретроспективному анализу особенностей электроэнергетической системы Монголии с учетом последовательности формирования энергетического сектора и перспективам развития ЭЭС Монголии.

Во **второй главе** анализируются существующие методические разработки и подходы для обоснования развития электроэнергетических систем, а также математические модели и программные комплексы, предназначенные для решения задачи развития ЭЭС.

**Третья глава** посвящена разработке методологии исследования электроэнергетики и электроэнергетических систем Монголии. В ней

рассматриваются методические основы обоснования развития электроэнергетических систем.

**Четвертая глава** посвящена разработке вычислительного инструментария для обоснования развития ЭЭС Монголии, который отражает методические особенности, учитывает внутренние и внешние влияющие факторы и позволяет определить рациональную технологическую структуру и направления создания Единой ЭЭС со своими особенностями, которые характерны специфике экономического развития страны.

**Пятая глава** посвящена прогнозированию электропотребления Монголии.

**В шестой главе** представлены результаты исследований перспектив развития ЕЭЭС Монголии и ее интеграции в энергетическое пространство Северо-Восточной Азии.

**Седьмая глава** посвящена формированию интеллектуальной ЭЭС Монголии.

**В заключении** сформулированы основные результаты работы.

**В приложениях** содержатся копии актов о внедрении результатов диссертационной работы, а также дополнительная информация.

Таким образом, можно обоснованно сделать вывод о том, что поставленная цель диссертации соискателем достигнута.

Автореферат диссертации достаточно полно и точно отражает ее содержание.

### **Замечания по диссертационной работе и автореферату**

1. В главе 2.3. “Анализ существующих математических моделей электроэнергетической системы” автором приводится обзор математические модели и программные комплексы, предназначенные для решения задач развития электроэнергетических систем. К сожалению, автором в обзоре указано не очень большое количество таких комплексов. Существует еще достаточно обширный список, которые не приведены в работе.

2. На рис. 3.6 диссертации автором предложена пирамида стратегии создания интеллектуальной энергетической системы. Странно, что подготовка специалистов указана в данной пирамиде, как одна из ступеней иерархии. Подготовка специалистов нужна для всех ступеней иерархии.

3. На рис. 4.1 представлена схема разработки оптимального сценария развития Единой электроэнергетической системы Монголии. Не совсем понятно, как выбирается сценарий, каким критериям осуществляется выбор.

4. На стр. 154 имеется фраза. “Поскольку, как отмечалось ранее, в Монголии предполагается широкомасштабное развитие нетрадиционных возобновляемых источников энергии на базе солнечных и ветровых ресурсов (проект Гобитэк), то в модели СОЮЗ предусматривается оптимизация вводов этих ВИЭ”. Не понятно, как источники на базе ВИЭ учтены в модели представленной далее.

5. В работе рассмотрено несколько сценариев развития. Какая доля ВИЭ предполагается в различных сценариях?

6. В автореферате приведена математическая формулировка задачи в виде целевой функция (13), но не приведены ограничения для нее. Хотя в тексте диссертации они приводятся.

7. Каким образом учтены и проанализированы ретроспективные показатели по энергопотреблению, при составлении прогноза на 2030-2050 гг?

#### **Заключение по работе**

Диссертационная работа **Баяр Бат-Эрдэнэ** “Научно-методические основы обоснования комплексного развития электроэнергетической системы Монголии в новых условиях” представляет собой законченное научно-квалификационное исследование, выполненное на современном научном уровне, в котором поставлена и решена важная научная проблема, связанная с обоснованием комплексного развития электроэнергетической системы Монголии. Диссертация отвечает требованиям 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 с учетом изменений и дополнений, а её автор, **Баяр Бат-Эрдэнэ**, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы

Я, Суслов Константин Витальевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

#### **Официальный оппонент**

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

\_\_\_\_\_  
Константин Витальевич Суслов  
«08» октября 2024 г.

Подпись Сулова К.В. заверяю:

ИЗМЕНИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
Я ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛИЯМ

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Адрес: 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14. Тел: (495) 362-72-51.

E-mail: [dr.souslov@yandex.ru](mailto:dr.souslov@yandex.ru)