

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.118.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ
ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.04.2026 г. № 9

О присуждении **Варыгиной Александре Олеговне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Разработка методики выбора проводов для линий электропередачи в активно-адаптивных сетях»** по специальности 2.4.3. Электроэнергетика принята к защите 05.02.2026 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.1.118.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130, совет создан приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 78/нк от 26.01.2023 г.

Соискатель, **Варыгина Александра Олеговна**, «09» августа 1991 года рождения. В 2013 году с отличием окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Амурский государственный университет» по специальности «Электроэнергетические системы и сети». В 2015 году соискатель с отличием окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Амурский государственный университет» по программе магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность образовательной программы «Электроэнергетические системы и сети». В 2020 году соискатель окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Амурский государственный университет» по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника» по образовательной программе «Электрические станции и электроэнергетические системы» (по специальности научных работников 05.14.02 Электрические станции и электроэнергетические

системы, согласно приказу Минобрнауки России от 12.09.2013 № 1061; по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика, согласно приказу Минобрнауки России от 24.08.2021 г. № 786). В период с 07.03.2023 г. по 30.04.2023 г. и с 21.09.2023 г. по 30.10.2023 г. была прикреплена к отделу аспирантуры Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Амурский государственный университет» для сдачи кандидатских экзаменов по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика, отрасли науки – технические (в соответствии с номенклатурой научных специальностей, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 г. № 118). Справка о сдаче кандидатских экзаменов по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика № 12 выдана в 2025 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Амурский государственный университет».

В настоящее время Варыгина Александра Олеговна работает ведущим инженером производственной службы акционерного общества «Дальневосточная распределительная сетевая компания» (АО «ДРСК»).

Диссертация выполнена на кафедре энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Амурский государственный университет» (ФГБОУ ВО «АмГУ»), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Савина Наталья Викторовна, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Амурский государственный университет», кафедра энергетики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Сулов Константин Витальевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», кафедра гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии, профессор;

Томин Никита Викторович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, отдел электроэнергетических систем, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский

государственный университет путей сообщения», г. Иркутск. В **положительном отзыве**, подписанном Тихомировым Владимиром Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Электроэнергетика транспорта» и утвержденном Димовым Алексеем Владимировичем, кандидатом технических наук, и.о. проректора по научной работе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», указано, что диссертация Варыгиной Александры Олеговны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение актуальной научной задачи повышения пропускной способности и энергетической эффективности линий электропередачи. Диссертация полностью соответствует критериям пп. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изм. и доп.), а ее автор, Варыгина А.О., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 2.4.3. Электроэнергетика (категорий К1, К2), 3 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и (или) Web of Science.

Вклад диссертанта в подготовку статей в соавторстве оценивается как существенный. В коллективных публикациях автору принадлежат результаты, которые непосредственно относятся к теме диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Текст диссертации не содержит заимствований без ссылок на соответствующий первоисточник. Из совместных работ в диссертацию включены лишь те результаты, которые непосредственно принадлежат соискателю.

Наиболее значимые работы:

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 2.4.3. Электроэнергетика:

1. **Варыгина, А. О.** Анализ целесообразности применения существующих методических подходов проектирования к воздушным линиям нового поколения / **А. О. Варыгина**, Н. В. Савина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 69–79.
2. **Варыгина, А. О.** Расчет длительно допустимого тока проводов нового поколения воздушных линий / **А. О. Варыгина**, Н. В. Савина // Известия

высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Казань, 2020. – Т.22. – № 4. – С. 3–15.

3. **Варыгина, А. О.** Выбор оптимальной марки провода высоковольтных воздушных линий электропередачи на основе критериального анализа / **А. О. Варыгина, Н. В. Савина** // iPolytech Journal. – 2023. – № 27(2). – С. 339–353.
4. **Варыгина, А. О.** Методика выбора оптимальных марки и сечения провода на основе интегрированного технико-экономического критерия / **А. О. Варыгина, Н. В. Савина** // iPolytech Journal. – 2024. – № 28(3). – С. 462–474.

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и (или) Web of Science:

5. **Varygina, A. O.** The Influence of New Functional Properties of Active-Adaptive Electrical Networks on the Correctness of Selection and Verification of Conductor Cross-Sections by Existing Methods / **A. O. Varygina, N. V. Savina** // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 2018. – pp. 1–5.
6. **Varygina, A. O.** Specification of the Method for Calculating the Long-Term Permissible Current of Overhead Line Conductors / **A. O. Varygina, N. V. Savina** // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM); Sochi; Russia. – 2020. – pp. 1–8.
7. **Varygina, A. O.** Technical and Economic Model of the Conductor Cross-Section for Active-adaptive Electrical Networks / **A. O. Varygina, N. V. Savina** // Majlesi Journal of Electrical Engineering; Iran. – 2022. – Vol. 16. – № 3. – pp. 27–34.

На диссертацию и автореферат поступили 11 отзывов (все положительные, все с замечаниями):

1. От **Федосова Дениса Сергеевича**, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой электрических станций, сетей и систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (г. Иркутск). Отзыв содержит *четыре замечания*:
1) В автореферате недостаточно полно раскрыты свойства активно-адаптивной сети (ААС), принимаемые к учету в разрабатываемой методике и заставляющие уточнять марку и сечения провода. В описании главы 1 приведены отдельные аргументы о стохастичности нагрузок, о проводах новых поколений, однако, к примеру, осталось непонятным, как на удельные дисконтированные затраты в выражении (5) принципиально по-новому влияет

стохастичность. **2)** В автореферате приведено уточнение тепловой модели провода по рекомендациям СИГРЭ в виде выражения (1). При этом в автореферате не отмечено, как получено данное уточнение, проводились ли для этого натурные эксперименты или для уточнения инженерной формулы использована модель более высокого порядка сложности? **3)** По данным таблицы 3, что именно обеспечивает снижение удельных дисконтированных затрат при выборе провода АС-185/29 согласно предложенному методу в сравнении с методиками экономической плотности тока и токовых интервалов применительно к проводам меньших сечений? Была ли фактическая токовая нагрузка при сравнении данных методик и выбранных марок проводов идентичной. **4)** Есть отдельные редакционные вопросы. Что значит «пороговое значение учета высоты прокладки линии электропередачи (ЛЭП)» в 335 м на стр. 10? Температура воздуха T_a в формуле (1) и θ_B на рисунке 1 – одна и та же температура? На стр. 21 не вполне понятно, в сравнении с чем указано повышение пропускной способности и снижение потерь при применении провода СЕНИЛЕК АТЗ/С 150/24.

2. От Серикова Александра Владимировича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электромеханика», **Кузьмина Романа Вячеславовича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электромеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (г. Комсомольск-на-Амуре). Отзыв содержит *три замечания*: **1)** В автореферате не раскрыто, каким образом получена представленная обобщенная тепловая модель неизолированного провода (выражение (1), лист 10). **2)** Из автореферата неясно, каким образом определяются потери на корону P_i , входящие в выражения (1) и (2), которые в свою очередь являются многофакторной зависимостью, могут быть рассчитаны различными методами. Тем более, что в технических требованиях главы 4 (лист 15) указано полное исключение коронного разряда. **3)** Приведенный в виде выражения (4) технико-экономический критерий представляется абсолютно очевидным и вряд ли может называться вновь предложенным.

3. От Коровкина Николая Владимировича, доктора технических наук, профессора, профессора Высшей школы высоковольтной энергетики Института энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (г. Санкт-Петербург). Отзыв содержит *одно замечание*: **1)** Желательно подробнее описать практические рекомендации к исходным данным для прогноза токовой нагрузки и оценку

чувствительности результатов расчета удельных дисконтированных затрат к ключевым экономическим параметрам.

4. От **Вагапова Георгия Валерияновича**, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Электрические станции им. В.К. Шибанова» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (г. Казань). Отзыв содержит *четыре замечания*: **1)** Не раскрыты неустранимые методические погрешности существующих методов выбора сечения провода, о которых упоминает автор на стр. 9. **2)** Не раскрыто описание проведенных исследований, на основе которых получены рекомендуемые автором значения коэффициентов поглощения и излучения провода. **3)** Не показано, каким образом необходимо определять тип информационного потока для применения предложенной методики. **4)** Имеются стилистические и грамматические недочеты, например, на стр.14: «...учет...стохастического характера тока линии в условиях неопределенности». Фраза тавтологична, так как стохастический характер сам по себе подразумевает неопределенность.

5. От **Кормилицына Дмитрия Николаевича**, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой Электрических систем; **Голова Валерия Павловича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры Электрических систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (г. Иваново). Отзыв содержит *четыре замечания*: **1)** В чем заключается инновационность развития электрических сетей (стр. 8 автореферата диссертации), а также инновационность статического тиристорного компенсатора (стр. 21 автореферата)? **2)** Требуется пояснения формулировка «оптимальное сечение для всего срока эксплуатации ЛЭП». **3)** Чем подтверждается более высокая точность предложенной обобщенной тепловой модели по сравнению с моделью СИГРЭ? **4)** На странице 12 автореферата указано, что обобщенная тепловая модель подходит для неизолированных проводов любой конструкции. Потребуется ли уточнения модель при использовании расщепления фаз?

6. От **Клюева Романа Владимировича**, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий», профессора кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический

университет)» (г. Владикавказ). Отзыв содержит *три замечания*: **1)** В тексте автореферата (стр. 11-12) приведены коэффициенты для инженерной реализации тепловой модели, но не пояснена физическая сущность расчетных коэффициентов А, В и С, что затрудняет понимание их получения для других марок проводов. **2)** Из автореферата неясно, как именно в предложенной методике учитывается влияние гололедно-изморозевых отложений, кроме упоминания о дополнительных затратах на борьбу с ними. Является ли это отдельной проверкой или входит в тепловую модель? **3)** Рисунок 7 (стр. 19) демонстрирует семейство зависимостей удельных дисконтированных затрат (УДЗ) от тока. Было бы полезно указать, при каких конкретных климатических и экономических параметрах (например, ставка дисконтирования, стоимость потерь) построены эти кривые, так как они являются ключевыми для итогового выбора сечения.

7. От Корнилова Геннадия Петровича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры электроснабжения промышленных предприятий; **Газизовой Ольги Викторовны**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры электроснабжения промышленных предприятий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск). Отзыв содержит *три замечания*: **1)** Каким образом из формулы (1), учитывающей 14 различных параметров, выделены три коэффициента: А, В, С - для четырех различных марок проводов? Следовало бы проранжировать исходные параметры по их значимости. **2)** Если рассчитывается допустимый ток (формула (2)), например, для действующей ЛЭП, почему не учитывается срок эксплуатации этой линии - фактический и ожидаемый? **3)** Каким образом объяснить результаты, приведенные в табл. 3? Расчетное сечение по предложенному методу почти в два раза превышает величину, полученную по традиционному методу расчета - экономической плотности тока (ЭПТ); сечение АС-185 против АС-95, но удельные затраты для линий с большим сечением оказываются меньше.

8. От Шамонова Романа Геннадьевича, кандидата технических наук, начальника Управления сопровождения ОТУ и режимов Департамента оперативно-технологического управления ПАО «Россети» (г. Москва). Отзыв содержит *три замечания*: **1)** Так как в настоящее время удельные потери мощности на корону в нормативных документах определены только для традиционного исполнения воздушных линий (ВЛ) с проводами марки АС, необходимо пояснить, какие исходные данные для указанного параметра для проводов нового поколения рекомендуется использовать в разработанных методе и методике для их практического применения. **2)** Климатические

условия прохождения и режимы работы протяженных ВЛ 220 кВ и выше, особенно в горной местности, могут существенно различаться на разных участках трассы (по солнечной радиации, направлению и силе ветра, условиям по гололёду и пр.). Необходимо пояснить, как подобные различия учитывает разработанная методика и должны ли отдельно выбираться провода для различных участков ВЛ в данном случае. 3) Периоды климатических условий, которые могут существенно повлиять на тепловые модели проводов и, соответственно, на выбор их оптимальных параметров при проектировании, могут не совпадать с периодами, для которых рассчитываются электрические режимы, определяющие токи в ВЛ. Необходимо дать рекомендации по анализу фактических и прогнозных условий работы ВЛ по климатическим факторам для их корректного учета в увязке с расчетами электрических режимов при проектировании ВЛ.

9. От **Куликова Александра Леонидовича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Образовательно-научного института электроэнергетики; **Севостьянова Александра Александровича**, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Образовательно-научного института электроэнергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород). Отзыв содержит *два замечания*: 1) Из автореферата неясно, каким образом при определении эквивалентного тока провода осуществляется «встраивание» обобщенной тепловой модели провода в его токовую модель. 2) В работе не показано, как выбирать провод с расщепленными фазами на линиях сверхвысокого напряжения.

10. От **Короткевича Михаила Андреевича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электрические системы» Белорусского национального технического университета (г. Минск). Отзыв содержит *шесть замечаний*: 1) Не расшифрованы обозначения новых типов голых проводов: АССС, АСТ, АСк2у. 2) При электрической нагрузке сталеалюминиевых проводов равной экономической плотности тока ($1,0 - 1,3 \text{ А/мм}^2$), превышение температуры провода над температурой окружающей среды ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) составляет не более $15-20 \text{ }^\circ\text{C}$. При плотности тока $3,7 \text{ А/мм}^2$ температура провода не превысит $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ¹. Нормативное значение допустимой температуры нагрева сталеалюминиевых голых проводов принята равной $70 \text{ }^\circ\text{C}$, исходя из условий

¹ Бургсдорф, В. В. Определение допустимых токов нагрузки воздушных линий электропередачи по нагреву их проводов / В. В. Бургсдорф, Л. Г. Никитина // Электричество. – 1989. – № 11. – С. 1–8.

работы болтовых контактных соединений, которые в настоящее время заменены на сварные, а также с прессуемыми или скрученными овальными соединителями. Известно, что для воздушных линий электропередачи допустимый длительный ток, соответствующий условию нагрева провода, всегда больше длительно-допустимого тока, соответствующего экономической плотности тока. Следовательно, возможный нагрев голого провода в послеаварийных режимах, например, до 100-130 °С может иметь лишь теоретическое значение. Кроме этого, механическая прочность провода не снижается при длительном нагреве до высоких температур¹. 3) В работе принято, что удельное количество тепла, излучаемое солнечной радиацией, составляет 1000 Вт/м². Только в Прикаспийской низменности на территории России отмеченный показатель равен 1100 Вт/м². Солнечная радиация на нагруженные током провода незначительно повышает их температуру нагрева на 3-5 °С. 4) Непонятно, какие новые технологии транспорта электроэнергии рассмотрены в диссертации (стр. 8)? 5) Следует объяснить суть последней составляющей в квадратной скобке формулы (5). Разве $\Delta P_{кор}$ ее не включает? Если бы изоляторов не было, то и не было бы $\Delta P_{кор}$ (стр. 13)? 6) Ущерб от недоотпуска электроэнергии – вероятностное значение, определяемое отключаемой мощностью, параметром потока отказов линии, продолжительностью аварийного отключения, удельным ущербом. Как влияет учет неизвестно какого значения ущерба от недоотпуска электроэнергии потребителям на выбор марки и сечения провода.

11. От **Ванина Артема Сергеевича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры электроэнергетических систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (г. Москва). Отзыв содержит *четыре замечания*: 1) Проводились ли натурные эксперименты или сравнение с данными мониторинга реальных ЛЭП? Как модель ведет себя при экстремальных сочетаниях параметров (штиль + максимальная инсоляция + высокая нагрузка)? 2) Выбор оптимальной марки провода основан на МАИ – методе, зависящем от экспертных оценок. Из автореферата (Рисунок 4) видно, что критериями являются допустимый длительный ток (ДДТ), масса провода, стоимость и др. Как обеспечить объективность попарных сравнений? Проводился ли анализ чувствительности результата к изменению весов критериев? 3) Методика заявлена для ВЛ напряжением выше 1 кВ, но в автореферате прямо указано, что для линий сверхвысокого напряжения (СВН) требуется дополнительная проверка по условиям статической (динамической) устойчивости, а апробация приведена на ВЛ 110 кВ. Специальность 2.4.3. по пункту 17 включает транспорт

электроэнергии постоянным током. Каковы ограничения применимости для ВЛ 220-500 кВ и выше? Применима ли методика для линий постоянного тока?

4) Апробация для ААС выполнена на модели существующей сети с добавлением СТК на ПС Западная и ПС Давыдовка (ВЛ 110 кВ Западная – Давыдовка). Модель проверена по чувствительности к величине потерь мощности. Однако полноценных ААС в России пока нет. Какие именно функциональные свойства ААС реализованы количественно? Достаточно ли включения одного СТК для моделирования ААС? Как влияет распределенная генерация?

Замечания не снижают научной ценности и практической значимости диссертационной работы. На замечания оппонентов и ведущей организации, а также на замечания в отзывах, поступивших на автореферат и диссертацию, соискатель привела исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается сферой их научных интересов и исследований в области моделирования режимов электрических сетей и линий электропередачи, активного управления электрической сетью, прогнозирования электропотребления, а также разработки интеллектуальных и цифровых технологий управления энергетическими объектами, что подтверждается научными публикациями официальных оппонентов и сотрудников ведущей организации и их способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработан** новый методический подход к выбору оптимальных параметров проводов воздушных ЛЭП напряжением выше 1 кВ, на базе которого разработаны метод выбора оптимальной марки провода, метод выбора оптимального сечения провода и методика выбора провода с оптимальными параметрами, применимые для активно-адаптивной и традиционной сетей и обеспечивающие наилучшие технические параметры и экономические показатели, за счет которых повышается энергетическая эффективность и надежность ЛЭП;

– **предложены** обобщенная тепловая модель проводов, позволяющая учитывать процессы сложного теплообмена между проводами и окружающей средой, а также конструктивные особенности проводов нового поколения; интегрированный технико-экономический критерий выбора сечения проводов, обеспечивающий совместный учет технических и экономических аспектов выбора проводов, учет неопределенности и исключение противоречивых результатов;

– **доказана** эффективность применения разработанного инструментария (методического подхода, методов и методики) выбора оптимальных параметров проводов в современных условиях функционирования электрических сетей, в том числе при переходе на ААС, выражающаяся в снижении удельных дисконтированных затрат, повышении пропускной способности, улучшении показателей энергетической эффективности и надежности воздушных ЛЭП напряжением выше 1 кВ;

– **введен** принципиально новый подход к выбору оптимальных параметров неизолированных проводов на основе совокупного выбора марки и сечения проводов любой конструкции, учитывающий особенности реализации проектов в электросетевом комплексе.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

– **доказаны** обоснованность выбора марки и сечения провода на основе принципиально иного подхода вследствие их конструктивного многообразия; возможность использования предложенной интегрированной технико-экономической модели провода для разработки метода выбора оптимального сечения неизолированного провода любой конструкции;

– **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** системный подход, теория теплопередачи, современные методы технико-экономического обоснования проектных решений и оценки эффективности инвестиционных проектов, теория принятия решений, математический анализ, методы математического моделирования электрических сетей;

– **изложены** концептуальные и методологические положения выбора неизолированных проводов воздушных ЛЭП напряжением выше 1 кВ в условиях неопределенности; алгоритмы методов выбора оптимальных марок и сечений проводов; этапы разработки и порядок реализации методики выбора оптимальных параметров проводов;

– **раскрыты** недостатки традиционных методических подходов и методов выбора марок и сечения проводов воздушных ЛЭП, которые приводят к несоответствию их результатов современным требованиям по энергетической эффективности и надежности; существенные отличия используемых тепловых моделей проводов в стационарном режиме, которые приводят к получению различных результатов расчета допустимых длительных токов проводов различных конструкций; причины возникновения неопределенности при выборе сечения проводов в ААС;

– **изучены** причинно-следственные связи между конструктивными особенностями проводов и их тепловой моделью в условиях неопределенности и требования к математическому аппарату выбора

проводов;

– **проведена модернизация** теоретико-методических подходов к определению допустимых длительных токов с учетом конструктивных особенностей проводов и условий размещения трасс ЛЭП, к синтезу технических и экономических аспектов выбора проводов в интегрированный технико-экономический критерий выбора сечения провода.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– **разработаны и внедрены:** порядок и процедуры реализации методического подхода к выбору оптимальных параметров проводов в производственную деятельность АО «ДРСК» и учебный процесс ФГБОУ ВО «АмГУ»; эффективность решений подтверждена апробацией на реальных электросетевых объектах (Московской области, Камчатского края, Приморского края) и модели ААС на базе энергосистемы Приморского края;

– **определены** область практического применения предложенной методики выбора провода с оптимальными параметрами, ее преимущества и достигнутый по результатам апробации технико-экономический эффект ее применения;

– **создана** новая методика выбора провода с оптимальными параметрами, применимая к неизолированным проводам любой конструкции в ААС и традиционной сети, позволяющая получать совокупный эффект от ее внедрения, направленный на снижение трудовых и капитальных затрат при строительстве и эксплуатации воздушных ЛЭП;

– **представлены** предложения по внедрению разработанных решений выбора провода с оптимальными параметрами в электрических сетях, позволяющие энергетическим компаниям и проектным организациям решать широкий круг задач развития воздушных ЛЭП переменного тока напряжением выше 1 кВ, с учетом особенностей их размещения и конструктивного исполнения для обеспечения оптимальных параметров транспорта электроэнергии в современных условиях.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

– **для экспериментальных работ** и апробации полученных научных результатов использованы воздушные ЛЭП реальных электрических сетей и модели ААС на базе программно-вычислительного комплекса RastrWin3, полученных на основе реальной модели энергосистемы Приморского края; рассчитаны технико-экономические показатели по принятым в электроэнергетике методикам технико-экономического обоснования; практическая реализуемость подтверждена актами внедрения;

– **теория** построена на базовых законах электротехники и теории

электрических цепей, корректных математических постановках задач для выбора оптимальных марки и сечения провода, учитывающих стохастичность токовой нагрузки в активно-адаптивной сети;

– **идея базируется** на обобщении и критическом анализе фундаментальных работ отечественных и зарубежных авторов в областях теплового расчета неизолированных проводов, многокритериального анализа, выбора сечений проводов воздушных ЛЭП, а также перехода к интеллектуальной электроэнергетической системе с ААС;

– **использованы** адекватные исследуемым процессам математические модели, данные заводов-изготовителей проводниковой продукции о допустимых длительных токах проводов и методы, обеспечивающие согласованность теоретических положений с результатами, полученными при внедрении и апробации;

– **установлено** качественное и количественное совпадение данных, полученных автором, с результатами независимых исследований по теме диссертационной работы, эксплуатационной практики и данных заводов-изготовителей проводниковой продукции;

– **использованы** современные методы исследования и расчета установившихся режимов функционирующих электрических сетей и полученной на их базе ААС в программно-вычислительном комплексе RastrWin3, а также способы обработки информации в системе MathCAD.

Личный вклад соискателя состоит в исследовании новых функциональных свойств ААС и разработке нового инструментария выбора оптимальных параметров проводов. Совместно с научным руководителем Савиной Натальей Викторовной были сформулированы цели и задачи работы, выполнены обзорно-аналитические работы, в результате чего автором была предложена методика выбора оптимальных параметров проводов для решения проблем повышения энергетической эффективности и пропускной способности ЛЭП. Автор самостоятельно провел верификацию предложенных моделей, методического подхода к выбору оптимальных параметров проводов, метода выбора оптимальной марки провода, метода выбора оптимального сечения провода и методики для реальных ЛЭП традиционной сети и модельных схем ААС, результаты которой подтвердили повышение энергетической эффективности и пропускной способности ЛЭП, а также получение дополнительных интегрированных эффектов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие вопросы:

1. Каким образом в предложенной тепловой модели проводов учитывается влияние окружающей среды, ее климатических условий? Расчет линии электропередачи на механическую прочность реализуется для

определенного сочетания климатических условий. Каким образом можно учитывать сочетания этих климатических условий, в том числе при образовании стенки гололеда? Учитывается ли при конвективном обмене скорость ветра при обдуве «голового» провода?

2. Одним из аргументов пересмотра существующих методик выбора провода отмечена цифровая трансформация отрасли. Цифровая трансформация электроэнергетики и других отраслей приводит к тому, что необходимо интенсивное использование возможностей вычислительной техники для адекватного имитационного моделирования. В работе представлены алгоритмы выбора оптимальных марки и сечения проводов. Какие программы их реализации рассмотрены и как можно это автоматизировать?

3. Чем от классической методики выбора сечения проводов отличается предложенная в работе методика выбора оптимальных параметров проводов с точки зрения экономики?

Соискатель Варыгина А.О. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

1. Обобщенная тепловая модель провода учитывает климатические условия с помощью: температуры воздуха; коэффициентов, характеризующих процесс теплоотдачи при теплообмене конвекцией и лучистом теплообмене; потерь мощности на корону; коэффициентов, учитывающих влияние направления ветра и высоты ВЛ над уровнем моря; интенсивности суммарной солнечной радиации. Расчет коэффициента, характеризующего процесс теплоотдачи конвекцией, включает в себя учет скорости и направления ветра. Механическая прочность ЛЭП учитывается температурой провода по условию обеспечения требуемой механической прочности, которое отражено в требованиях технической осуществимости предложенной методики. Сочетания климатических условий рассматриваются для самых неблагоприятных условий по трассе ЛЭП.

2. Для реализации алгоритмов выбора оптимальных параметров проводов используются программно-вычислительные комплексы, предназначенные для расчета электрических режимов сетей. Эти расчеты должны осуществляться с использованием цифровых информационных моделей, что закреплено требованиями приказа Минэнерго от 06.12.2022 № 1286 об утверждении Методических указаний по проектированию развития энергосистем. В работе использовался современный программно-вычислительный комплекс RastrWin3, который является верифицируемым и используется множеством энергокомпаний. Расчеты выполнены с использованием пакетов прикладных программ. Преимуществом

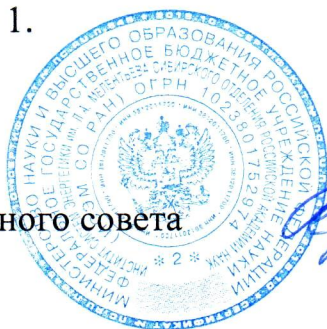
предложенной методики и ее алгоритмов является возможность создания как отдельного программного обеспечения, так и использование существующего.

3. Предложенная в работе методика выбора оптимальных параметров проводов отличается от классической: объединением технических и экономических критериев в единый технико-экономический критерий, позволяющий сравнивать варианты с разными расчетными сроками и эффектами; дисконтированием затрат; большей чувствительностью к величине капитальных вложений, отражающих конструктивные особенности ЛЭП; возможностью получения наибольших экономических эффектов в течение всего периода эксплуатации ВЛ.

На заседании 14 апреля 2026 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи по разработке нового методического подхода к выбору оптимальных параметров проводов в активно-адаптивных сетях, включающего разработанные на его основе методы выбора оптимальных марки и сечения провода, методику выбора провода, обеспечивающего повышение пропускной способности, энергетической эффективности и надежности функционирования воздушных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ, что имеет существенное значение для энергетической отрасли Российской Федерации, присудить Варыгиной Александре Олеговне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 – докторов наук по специальности 2.4.3. Электроэнергетика, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета



Стенников Валерий Алексеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Солодуша Светлана Витальевна

14.04.2026 г.