

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.03 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО  
ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 27.09.2017 г. № 12

О присуждении Максименко Дмитрию Михайловичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Оценивание состояния энергосистем и ввод режима в допустимую область оптимизационным методом внутренней точки» по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы принята к защите 28 июня 2017 г., протокол № 9 диссертационным советом Д 212.285.03 на базе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель, Максименко Дмитрий Михайлович, 1986 года рождения.

В 2009 году окончил ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению «Электроэнергетика»; в 2012 г. окончил очную аспирантуру по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; работает в должности программиста (1 категории) Департамента моделирования и автоматизации управления

энергосистем (НИО-9) АО «Научно-технический центр Единой энергетической системы» (г. Екатеринбург).

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизированные электрические системы» Уральского энергетического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Ерохин Петр Михайлович, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Уральский энергетический институт, кафедра «Автоматизированные электрические системы», профессор-исследователь.

Официальные оппоненты:

**Колосок Ирина Николаевна** – доктор технических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, отдел электроэнергетических систем, ведущий научный сотрудник;

**Хохлов Михаил Викторович** – кандидат технических наук, доцент, ФГБУН Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, лаборатория энергетических систем, заведующий лабораторией, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, в своем положительном заключении, подписанном Сулаймановым Алмазом Омурзаковичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Электрические станции электроэнергетические системы», и Гусевым Александром Сергеевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы», указала, что диссертация Максименко Д.М. является законченной научно-квалификационной работой, имеющей существенное теоретическое и практическое значение для электроэнергетики. Актуальность, научная новизна, практическая значимость,

структура, содержание и публикации соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и пп. 9-13 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Максименко Дмитрий Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 16 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 2.

Другие публикации представлены в виде 1 свидетельства о госрегистрации программы для ЭВМ; 13 статей, опубликованных в научных журналах (5), сборниках материалов международных (5) и всероссийских (3) научных конференций. Общий объем опубликованных работ – 4,25 п.л., авторский вклад – 2,90 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

**статьи в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК:**

1. Максименко Д.М. Верификация модели обвязки схемы и идентификация грубых ошибок данных телеметрии в ПК «RastrWin3» / В.Г. Неуймин, П.М. Ерохин, Д.М. Максименко // Вестник ЮУрГУ. Серия "Энергетика". 2016. Т. 16, №1. С. 24-29 (0,25 п. л. / 0,21 п. л.).

2. Д.М. Максименко. Методика расчета схем замещения трансформаторов // Новое в российской электроэнергетике. 2016. №7. С. 38-45 (0,33 п. л.).

**Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ**

3. А.с. 2016662459 (Россия) о государственной регистрации программы для ЭВМ от 10 ноября 2016 г. Оценка состояния для централизованной системы противоаварийной автоматики (ОС ЦСПА) / Неуймин В.Г., Максименко Д.М.. Свидетельство № Заявка 2016619764, дата поступления 16 сентября 2016 г.

На автореферат поступили положительные отзывы:

1. **Нагая Владимира Ивановича**, д-ра техн. наук, проф., зав. кафедрой «Электрические станции и электроэнергетические системы», и **Кравченко Василия Федоровича**, канд. техн. наук, доц., доцента кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова», г. Новочеркасск. Содержит замечания:

1.1. В автореферате не приведен алгоритм разбиения физических переменных на элементарные. Существует ли он в общем виде?

1.2. Какое отношение к диссертации имеет работа, представленная под №2 в списке основных научных трудов в автореферате? В списке литературы в диссертации она отсутствует.

1.3. По каким признакам следует остановить вычисления, если решение системы уравнений не существует или отсутствует решение в области ограниченной неравенствами, например, при решении задачи (10) с помощью МВТ?

1.4. Последний член в (7) предложен не Лагранжем и поэтому  $\mu$  не является «вектором множителей Лагранжа» при неравенствах.

1.5. Приведенный в автореферате рисунок 2 выполнен некорректно – без всяких обозначений.

2. **Воротницкого Валерия Эдуардовича**, д-ра техн. наук, проф., главного научного сотрудника отдела научно-технической информации, и **Рабиновича Марка Аркадьевича**, д-ра техн. наук, главного научного сотрудника отдела научно-технической информации АО «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы», г. Москва. Содержит замечания:

2.1. В автореферате недостаточно освещены вопросы работы с плохо обусловленными матрицами и надежности получаемых решений.

2.2. Из автореферата неясно влияние предлагаемых алгоритмов на их быстродействие.

2.3. Из автореферата неясно, какие методы устранения грубых ошибок в исходной информации используются.

2.4. Кусочное разбиение функции стоимости в задаче минимизации на практике значительно усложняет реализацию задачи.

**3. Сацука Евгения Ивановича**, д-ра техн. наук, начальника службы внедрения противоаварийной и режимной автоматики АО «Системный оператор Единой энергетической системы», и **Куликова Юрия Алексеевича**, канд. техн. наук, доцента, ведущего эксперта Филиала АО «Системный оператор Единой энергетической системы», г. Москва. Содержит замечания:

3.1. Проблема применения синхронизированных векторных измерений для решения задачи оценивания состояния, о которой говорится на странице 4 автореферата не решена до настоящего времени и было бы полезным указать в работе трудности, связанные с внедрением результатов СМНР в практику оценивания состояния.

3.2 Необходимо подчеркнуть некорректность термина «оценивание состояния». Хотя этот термин стал общеупотребительным, он не отражает суть понятия «state estimation» – оценивание установившегося режима электроэнергетической системы с помощью телеизмерений.

**4. Гольдштейна Валерия Геннадьевича**, д-ра техн. наук, проф., профессора кафедры «Автоматизированные электро-энергетические системы», и **Ведерникова Александра Сергеевича**, канд. техн. наук, доц., декана Электротехнического факультета ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара. Содержит замечания:

4.1. Из автореферата, описания 4 главы не понятно, что предлагается разработанным программным комплексом в случае неуспешного оценивания состояния системы?

4.2. Рисунки 12 и 13 в автореферате представлены без пояснений, из рисунков не понятно, где результаты расчетов ПК «Космос», а где с использованием МВТ?

**5. Назарычева Александра Николаевича**, д-ра техн. наук, проф., ректора ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации», г. Санкт-Петербург. Содержит замечания:

5.1. В цели исследования поставлена задача анализа возможностей применения МВТ для класса оптимизационных задач, тем не менее непосредственного анализа в тексте не просматривается, он неявно представлен на протяжении всей первой главы.

5.2. Из автореферата неясны некоторые, принципиальные для исследования моменты:

- Представление физической переменной как суммы элементарных выполняется автоматически или должны быть реализовано вручную, нужно ли заранее определять элементарные переменные, чтобы ввести их в ЦФ?

- На стр. 12 требует некоторого пояснения фраза «Любые функциональные ограничения приводятся к элементарным введением дополнительных переменных».

- Существуют ли приемы получения результата и его анализа при взаимно противоречивых ограничениях, как в таком случае будет вести себя алгоритм?

5.3. В диссертации недостаточно полно раскрыты проблемы определения наблюдаемости и восполнения недостающей информации при отсутствии телеметрии, регулярно возникающие при ОС крупных ЭЭС.

**6. Кононова Юрия Григорьевича**, д-ра техн. наук, проф., зав. кафедрой автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения, и.о. директора инженерного института ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь. Содержит замечания:

6.1. В автореферате автор ссылается на работы оппонента М.В. Хохлова, но не указывает фамилии зарубежных и отечественных ученых, применявших метод внутренней точки для решения задач условной оптимизации в электроэнергетических системах.

6.2. Из текста автореферата не ясны аспекты быстрого действия разработанного алгоритма, выносимые на защиту (п.4 на с.7 автореферата)..

6.3. Низкое разрешение рисунка 13 и отсутствие в тексте автореферата каких-либо количественных результатов сопоставления результатов оценивания состояния, полученных в соответствии с разработанными автором оценивания состояния, полученных в соответствии с разработанными автором методикой и алгоритмов, с аналогичными результатами промышленного ПК "Космос" затрудняют восприятие преимуществ применения метода внутренней точки на практике?

**7. Мурзина Андрея Юрьевича**, канд. техн. наук, доцента, зав. кафедрой «Электрические системы», **Кулешова Анатолия Ивановича**, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры «Электрические системы» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», г. Иваново. Содержит замечания:

7.1. На стр. 9 приведено выражение (7), описывающее функцию Лагранжа. На стр.10 читаем: «...Ключевой проблемой в получении системы (7) является то, что до расчета неизвестно, какие из ограничений перейдут в разряд активных». Не понятно, выражение (7) – функция или система уравнений.

7.2. На стр. 8 в последней строке говорится о «величине разницы углов по концам линий». О каких «углах» идет речь.

7.3. На стр. 18 выражение (28) использует коэффициенты  $\alpha, \beta, \gamma$  однако в тексте автореферата не приведены методики их определения.

7.4. Сложно анализировать графики, представленные на рисунках 11-13 автореферата, так как плохо различимы единицы измерения масштаба.

**8. Карасева Юрия Дмитриевича**, канд. техн. наук, первого заместителя Генерального директора ЗАО «Монитор Электрик», г. Пятигорск. Содержит замечания:

8.1. Упоминание в разделе «Внедрение результатов работы» числа организаций, использующих ПК «RastrWin3», не вполне корректно, поскольку автор не является единственным разработчиком данного программного

комплекса; использование функций ОС и ВРДО на всех площадках внедрения ПК «RastrWin» не является очевидным.

8.2. Неясно, имеется ли возможность заранее, на старте алгоритма ограничить количество управляющих воздействий в предлагаемых методах ввода режима в допустимую область. Отсутствие такой возможности существенно снизило бы практическую ценность выполненной работы.

8.3. В тексте автореферата встречается выражение «разделения активной и мнимой составляющих» (стр. 20). Смешение в одном выражении терминов из разных предметных областей некорректно и недопустимо.

8.4. В абзаце, посвященном измерению тока (стр. 20), автор пишет о возможном ухудшении результатов ОС при их использовании. Каким образом добавление достоверного измерения величины тока может ухудшить результат ОС в выносимой на защиту методике? Имеется ряд практически применяемых реализаций ОС, свободных от данного эффекта.

8.5. При описании сравнения разработанного алгоритма ОС с промышленным ПК «Космос» не приведены сведения о производительности сравниваемых алгоритмов и эффективности выявления изменений с ошибочными значениями, что снижает обоснованность выполненного сравнения.

**9. Войтова Олега Николаевича**, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры электрических станций, сетей и систем ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, г. Иркутск. Содержит замечания:

9.1. Неясно, почему в работе используется «термин метод внутренних точек» (МВТ). По мнению автора, термин связан с использованием в качестве исходного приближения допустимых значений переменных. В книге Дикина И.И., Зоркальцева В.И. [Итеративное решение задач математического программирования (алгоритмы метода внутренних точек) - Н-ск: Наука, Сибирское отд-ние, 1980, 142с.] показано, что в методе МВТ дополнительно используется аппроксимация допустимой области вписанным эллипсом, на границе которого ищется точка решения.



9.2. При рассмотрении в 1-ой главе алгоритма решения нелинейной задачи оптимизации методом Ньютона опущена проблема поиска исходного приближения для двойственных переменных.

9.3. В алгоритме решения задачи (1)-(6) предлагается в условиях оптимальности (8) использовать квадратичные аппроксимации уравнений узловых балансов (6), что существенно увеличивает размерность системы линейных уравнений (8). Исследовал ли автор эффективность проведения отдельного расчета системы (6) с последующим решением задачи управления?

9.4. Без четкого пояснения вводятся термины «зависимые и независимые переменные», «желательные пределы».

9.5. Автор использует кусочно-линейную и нелинейную аппроксимации исходной целевой функции (рис. 3а), которые затем используются для формирования новой составной целевой функции (20). Получено ли автором доказательство, что решения, получаемые для этих целевых функций совпадают?

9.6. Третья глава излишне подробно описывает учебный материал, а в главе 4 отсутствует детальное рассмотрение предложенных автором алгоритмов, представленных как «новый подход к задаче оценивания»; «алгоритмы статической и динамической фильтрации»; «предложения по дальнейшему усовершенствованию механизмов фильтрации» и другие.

**10. Крючкова Павла Анатольевича**, канд. техн. наук, доцента, руководителя группы Департамента автоматизации электрических систем ООО «Прософт-Системы», г. Екатеринбург. Содержит замечания:

10.1. При использовании задачи ОС в диспетчерском управлении важным фактором является время решения задачи. В рассматриваемых методах предлагается использование элементарных переменных, что неизбежно ведет к увеличению размерности решаемой системы уравнений. Как влияет увеличение размерности оптимизационной задачи на время?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области оценивания

состояния и теории управления энергосистемами, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях.

**Диссертационный совет отмечает,** что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны:**

– математическая модель для решения оптимизационных задач с учетом технологических ограничений. В модели реализована возможность задания уникального вида функции от каждого параметра для формирования общей целевой функции;

– модели дискретного регулирования источников активной мощности для возможности моделирования управляющих воздействий вида «ограничения генерации» и «ограничения нагрузки» для задачи ввода режима в допустимую область;

– специальные модели измерений для задачи оценивания состояния, в том числе позволяющие учесть априорные знания о рассматриваемой энергосистеме и подавить влияние ошибочных измерений;

**предложены:**

– способы формирования целевой функции в зависимости от необходимости минимизации потерь, учета технологических ограничений, минимизации отклонений параметров от заданных значений;

– наиболее простые и эффективные методы анализа грубых ошибок телеметрии, подходящие для программной реализации;

– условия постановки задачи ввода режима в допустимую область (ВРДО) как оптимизационной задачи с учетом ограничений, решаемой с использованием метода внутренней точки (МВТ).

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем,** что работа направлена на создание унифицированного метода моделирования и решения оптимизационных задач энергетики с возможностью адаптации алгоритма для учета технологических требований, присущих конкретным задачам;

**применительно к проблематике диссертации эффективно использованы:** методы системного анализа, теории оптимального управления и комплексной многопараметрической оптимизации математического аппарата нелинейного программирования, программные комплексы «RastrWin3» и «Космос»;

**изложены** принципы разработки унифицированного алгоритма решения оптимизационных задач, не привязанного к виду ЦФ, что означает возможность разработки единого алгоритма решения, реализующего метод наименьших модулей (МНМ), метод взвешенных наименьших квадратов (МВНК) или варианты их комбинаций в рамках одного расчетного модуля;

**выявлена** проблема «перерегулирования» энергосистем, приводящая к необходимости выдерживания большого количества ограничений в виде неравенств.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:** разработанные алгоритмы и методы включены в ПК промышленного назначения, получено свидетельство о государственной регистрации программы;

**разработаны и внедрены** новые методы расчета задач ОС и ВРДО на основе адаптированного метода внутренней точки в программный комплекс RastrWin3 и ПО ВРДО;

**определены** оптимальные математические модели измерений и доступных УВ в зависимости от своего типа и настройки конечного вида ЦФ;

**созданы** фильтры ошибочных измерений и ошибок привязки телеметрии, работающие до проведения ОС;

**представлены** методы подавления ошибок в процессе расчета ОС с использованием различных моделей измерений.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:**

**для экспериментальных работ показана воспроизводимость** результатов исследований, полученных на разных тестируемых математических моделях при многократном повторении опытов;

установлено качественное и количественное соответствие результатов теоретических исследований на тестируемых моделях ЭЭС с результатами, полученными на основе данных функционирования реальных ЭЭС.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном его участии в работе на всех этапах выполнения НИР; обсуждении и разработке математических моделей и методик расчета; подготовке и выполнении расчетов; постановке и проведении экспериментов; обработке и обобщении результатов исследований; обсуждении материалов публикаций и подготовке их к печати.

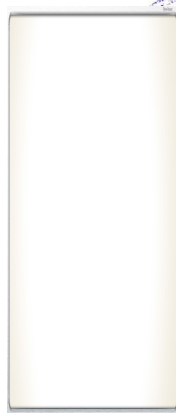
Диссертационная работа Максименко Дмитрия Михайловича соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача совершенствования математических методов моделирования электроэнергетических систем, имеющая значение для развития электроэнергетики.

На заседании 27 сентября 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Максименко Д.М. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Сарапулов Федор Никитич

Зюзев Анатолий Михайлович

27 сентября 2017 г.