

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.03 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Объединенного института высоких температур Российской академии наук
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)

от 10 октября 2018 г. (протокол № 4)

Защита диссертации **Иванина Олега Александровича**
на соискание ученой степени кандидата технических наук
«Оптимизация энергетических комплексов малой распределенной энергетики»

Специальность 05.14.01 – энергетические системы и комплексы

Москва – 2018

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.03 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Объединенного института высоких температур Российской академии наук
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
Протокол № 4 от 10 октября 2018 г.

Диссертационный совет Д 002.110.03 утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 15.02.2013 г. № 75/нк в составе 25 человек. На заседании присутствуют 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 10 докторов наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – председатель диссертационного совета Д 002.110.03
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Вараксин А.Ю.

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета
Д 002.110.03 д.т.н. Директор Л.Б.

1	Вараксин А.Ю.	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.	01.02.05	Присутствует
2	Батенин В.М.	чл.-корр. РАН, д.т.н.	05.14.01	Присутствует
3	Директор Л.Б.	д.т.н.	05.14.01	Присутствует
4	Алхасов А.Б.	д.т.н., проф.	05.14.01	Отсутствует
5	Аминов Р.З.	д.т.н.	05.14.01	Присутствует
6	Баженова Т.В.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
7	Битюрин В.А.	д.ф.-м.н., с.н.с.	01.02.05	Присутствует
8	Воробьев В.С.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
9	Зайченко В.М.	д.т.н., с.н.с.	05.14.01	Присутствует
10	Зейгарник В.А.	д.т.н., с.н.с.	05.14.01	Присутствует
11	Климов А.И.	д.ф.-м.н., с.н.с.	01.02.05	Отсутствует
12	Кобзев Г.А.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
13	Красильников А.В.	д.т.н., с.н.с.	01.02.05	Отсутствует
14	Леонов С.Б.	д.ф.-м.н.	01.02.05	Присутствует
15	Масленников В.М.	д.т.н., проф.	05.14.01	Отсутствует
16	Медин С.А.	д.т.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
17	Недоспасов А.В.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
18	Поляков А.Ф.	д.т.н., проф.	01.02.05	Присутствует
19	Попель О.С.	д.т.н.	05.14.01	Присутствует
20	Пятницкий Л.Н.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
21	Седлов А.С.	д.т.н., проф.	05.14.01	Присутствует
22	Синкевич О.А.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
23	Томаров Г.В.	д.т.н., проф.	05.14.01	Присутствует
24	Чиннов В.Ф.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
25	Шугаев Ф.В.	д.ф.-м.н., доцент	01.02.05	Отсутствует

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации младшего научного сотрудника лаборатории 2.1.3.1 – распределенной генерации Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики (НИЦ-2 ФТПЭ) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) **Иванина Олега Александровича** на тему «Оптимизация энергетических комплексов малой распределенной энергетики». Диссертация представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Диссертация выполнена в лаборатории 2.1.3.1 – распределенной генерации НИЦ-2 ФТПЭ ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jiht.ru).

Научный руководитель:

Директор Леонид Бенцианович – д.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории 2.1.3.1 – распределенной генерации отдела распределенных энергетических систем Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Соснина Елена Николаевна – гражданка РФ, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева (603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина д. 24).

Яворовский Юрий Викторович – гражданин РФ, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленных теплоэнергетических систем» ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет МЭИ (НИУ МЭИ) (111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51).

На заседании присутствуют официальные оппоненты: д.т.н., профессор Соснина Е.Н. и к.т.н., доцент Яворовский Ю.В.; научный руководитель Иванина О.А. д.т.н., ведущий научный сотрудник Директор Л.Б.

СТЕНОГРАММА

Председатель

На повестке дня у нас сегодня защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Иванина Олега Александровича на тему «Оптимизация энергетических комплексов малой распределенной энергетики» по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Слово предоставляю ученому секретарю – Леониду Бенциановичу, он доложит содержание всех необходимых для проведения сегодняшнего заседания материалов.

Уважаемые присутствующие, есть предложение начать нашу сегодняшнюю работу. У нас сегодня на повестке дня защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Лариной Ольги Михайловны на тему «Экспериментальные исследования особенностей пиролитической переработки органических отходов жизнедеятельности в синтез-газ» по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Попросим Леонида Бенциановича сообщить нам о содержании, все ли материалы имеются.

Ученый секретарь (научный руководитель)

(Зачитывает данные о соискателе по материалам личного дела и сообщает о соответствии представленных документов требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ).

Председатель

Есть ли вопросы к Леониду Бенциановичу? Вопросов нет. Тогда идем дальше. Олег Александрович, вам предоставляется слово. Двадцать минут у нас обычный регламент, просьба его придерживаться.

Иванин О.А.

(Выступает с докладом по диссертационной работе. Выступление не стенографируется, доклад Иванина О.А. прилагается).

Председатель

Большое спасибо, Олег Александрович, вы уложились хорошо. Есть возможность задать вопросы. У меня первый вопрос. Вы сказали, что одним из преимуществ вашей работы по сравнению с другими исследованиями является то, что вы можете для разного состава оборудования энергокомплексов проводить оптимизацию по критериям. Есть ли какие-то ограничения на состав оборудования, то есть какую-то экзотику... возобновляемые – это уже не настолько экзотика, а вот что-то такое?

Иванин О.А.

Я думаю, что такие ограничения есть. И это зависит от возможности моделирования характеристики установки. Если она будет такова, что ее нельзя будет аппроксимировать с достаточной, удовлетворительной точностью линейными методами, то, к сожалению, включить такую установку в состав данной методики не получится.

Председатель.

Так, вопросы, пожалуйста, дальше.

Батенин В.М.

Олег, можно задать вот какой вопрос: вы рассматриваете децентрализованные системы – это то, что сейчас развивается самым интенсивным образом. Скажите, пожалуйста, если в каком-то населенном пункте существует система и вы ее

оптимизируете, но этот населенный пункт достаточно интенсивно разрастается, как включить эти вопросы роста в вашу схему?

Иванин О.А.

Я думаю, что необходимо спрогнозировать рост населенного пункта и изменение графиков нагрузок в течение горизонта расчета. Задать горизонт расчета, допустим, 10 или 20 лет, что соответствует примерному сроку работы энергетического оборудования, и искать оптимальную схему не для одного года, а для всего срока в 20 лет, на протяжении которого населенный пункт будет разрастаться. Я бы сделал так.

Батенин В.М.

Хороший ответ. Вторым вопросом. Сегодня в первую очередь такие системы могут попасть в разряд «умных» сетей. Скажите пожалуйста, а учтены ли в вашей схеме возможности не только потребления, как, допустим, какой-то дом, а наоборот – генерация и передача энергии в систему?

Иванин О.А.

Да, метод позволяет включать, в том числе, такие ограничения в систему уравнений, при которых учитывается возможность потребления энергии из системы и продажа энергии в систему. Причем тарифы на потребление и продажу могут отличаться. В этом случае сеть моделируется как энергогенерирующая установка с линейной характеристикой.

Батенин В.М.

Спасибо.

Председатель

Олег Сергеевич, пожалуйста.

Попель О.С.

У вас второй или третий слайд, где, кажется, одна из изюминок вашей работы, где вы от нелинейной зависимости переходите, так сказать, к линейной. Это находка определенная, при разработке этой математической модели. Но вы показали это лишь на примере дизельной энергоустановки, что вам удалось гиперболическую зависимость преобразовать в линейную. Годится ли этот метод, ведь в вашей постановке вы используете и газотурбинную установку, и возобновляемые разные установки, фотопреобразователи, ветроустановки. Годится ли этот метод, удастся ли его применить к другим генерирующим установкам?

Иванин О.А.

Что касается других установок на двигателях внутреннего сгорания, по крайней мере, тех характеристик, которые я нашел, с которыми я сталкивался, то гиперболической зависимостью характеристику можно аппроксимировать, по крайней мере, для газопоршневой мини-ТЭЦ и с газотурбинной установкой я так и делал. Что касается фотоэлектрических преобразователей и ветроэнергетических установок, то у них характеристика очень нелинейная, их, казалось бы, нельзя линеаризовать, но, повторюсь, нас интересует, чтобы не было нелинейной зависимости от управляемых параметров. А управляемые параметры, которые мы оптимизируем, они никакой нелинейности в случае с ФЭП и ветрогенераторами не содержат. Поэтому расчет работы ветрогенераторов или фотоэлектрических преобразователей по сколь угодно сложной модели мы делаем вне оптимизационного расчета, а потом составляем всего лишь график удельных нагрузок, например, мощность одного квадратного метра солнечной батареи или единичного

ветряка.

Томаров Г.В.

Ваша методика ориентирована, прежде всего, на изолированные системы, в частности, хороший пример – Камчатский край. Изолированная энергосистема, и вы использовали в определенной степени данные о поселках для проведения расчетов. Но вы знаете, в Камчатском крае активно используется геотермальная энергетика. В вашем рассмотрении используется только солнце, ветер, а вот в части геотермальной энергетике что-то сделано? Как это может повлиять на вашу систему? Потому что геотермальная энергетика отличается тем, что она не зависит от температурных, суточных, погодных условий, не требует аккумулирования энергии и имеет ряд других специфических моментов, в том числе и по топливной составляющей. Вы каким-то образом учитывали, смотрели, что-то можете по этому поводу сказать?

Иванин О.А.

Я не моделировал в расчетах работу установок на геотермальных источниках энергии, но то, что я знаю об этих установках, говорит о том, что их в этот метод включить можно.

Томаров Г.В.

И куда они войдут примерно в вашей схеме? (*Показывая на слайд*) В крайний правый ряд?

Иванин О.А.

Нет, я думаю, что они будут моделироваться как источники тепла.

Томаров Г.В.

А электроэнергия? Тридцать процентов генерирующих мощностей в Камчатском крае – это геотермальные системы.

Иванин О.А.

Надо смотреть их характеристику мощностную. Я не уверен, является ли она линейной, нелинейной. Я честно скажу: я не моделировал эти установки, поэтому точного ответа дать на ваш вопрос не могу, в плане источников электроэнергии.

Томаров Г.В.

Спасибо.

Председатель

Спасибо, Григорий Валентинович, за хороший вопрос. Пожалуйста, Рашид Зарифович.

Аминов Р.З.

Вот у меня будет два вопроса к вам. Первый вопрос: вы распределенную энергетiku рассматриваете как автономно работающую, правильно?

Иванин О.А.

Не только. Также рассматривается работа энергетических комплексов в составе распределительных сетей.

Аминов Р.З.

Распределительных сетей в составе вашего комплекса. Но вы с энергосистемой не синхронизируетесь?

Иванин О.А.

Скажем так, проблема синхронизации с общей энергосистемой в работе не рассматривалась.

Аминов Р.З.

Вы ее исключаете, я так понял.

Иванин О.А.

Возможность работы на сеть существует, но...

Аминов Р.З.

В связи с этим у меня возникает второй вопрос. Какова надежность работы вашего оборудования, ведь всегда вероятность отказа существует. Каков ущерб? Это системные вопросы в рамках специальности, которую вы представляете. И каковы резервы? Основной политический вопрос в проектировании энергосистем – это обоснование необходимых резервов. Если вы работаете автономно, значит, у вас должны быть определены как-то резервы. Как этот вопрос решается?

Иванин О.А.

Проблема резервирования мощностей в диссертации, которая была представлена, фактически не рассматривается. И ряд замечаний оппонентов, ведущей организации и в отзывах на авторефераты тоже содержат этот вопрос: почему не рассмотрено резервирование и проблемы надежности? Но позже я думал над этим вопросом. Я пришел к выводу, что в рамках метода проблема надежности и резервирования может быть учтена.

Аминов Р.З.

Это целая наука.

Иванин О.А.

Для этого можно добавить ограничения на долю используемой мощности установок от всей установленной мощности. И, собственно, этот коэффициент будет задавать кратность резервирования. Более сложных методов для резервирования внутри предложенного метода оптимизации применить нельзя, но, вообще говоря, предполагается, что основные установки энергетического комплекса, такие как установки на базе двигателей внутреннего сгорания, в случае особых требований к надежности и резервированию все-таки должны быть выбраны экспертно. А все остальные установки могут подбираться уже в рамках оптимизации, подстраиваясь под те установки.

Председатель

Спасибо за прекрасный вопрос, Рашид Зарифович, потому что всем, конечно, понятно, что одно дело – недоотпуск электроэнергии, это чревато штрафами, и другое дело – если вы перестрахуетесь. Вот, к примеру, ГТУ у вас была указана, 2,5 мегаватта мощности... или пятерка?

Иванин О.А.

Два с половиной.

Председатель

Да, а нужно 5, допустим. Вот когда нужно 5, будешь все время думать: купить одну пятамегаваттную или две по два с половиной? С одной стороны, две – это надежность, с другой стороны сразу будет это дороже, плюс тот выигрыш в процентах, когда вы делаете расчет по одному критерию – экономическому, четыре с половиной процента, оно как бы получается не очень много.

Леонов С.Б.

Весьма специфический вопрос. Вы рассказали, упомянули о том, что вы моделировали тепловой аккумулятор, сделали модель многозонную и сказали, что использовали для этого подход Навье-Стокса. Представляется, что этого мало. Не могли бы вы чуть подробнее рассказать, что было на входе, что было на выходе, какие были начальные условия, какие были граничные, чуть подробнее.

Иванин О.А.

Я, к сожалению, не могу ответить на ваш вопрос, поскольку модель турбулентного течения жидкости на базе этих уравнений разрабатывалась не мной. Я занимался верификацией своей модели, проведением стендовых испытаний, но...

Леонов С.Б.

Турбулентное движение – это жидкость в теплообменнике или это жидкость в самом баке?

Иванин О.А.

Это жидкость в самом баке.

Леонов С.Б.

Свободная конвекция? Ну, там свои особенности. Просто так не сделать. Спасибо.

Зейгарник В.А.

Вы в самом начале сказали, что был выбор, по какому критерию проводить оптимизацию. Был назван критерий: выбросы. Практически выбросы вы не заложили в своей системе оптимизации, но когда вы делали расчеты, вы потом контрольный расчет по выбросам делали? Удовлетворяют ли они соответствующим ограничениям?

Иванин О.А.

Я не делал контрольных расчетов. И достоверно ответить на ваш вопрос я не могу. Но подобные расчеты могут быть произведены. А ограничение на количество топлива, потребляемого в единицу времени, на самом деле может быть введено в метод дополнительно. И при необходимости, если есть опасность превышения этого порога, можно модернизировать метод таким образом, что в результате расчетов количество выбросов превышено не будет. Хотя и оптимизироваться оно тоже не будет.

Председатель

Спасибо, Владимир Альбертович. Еще вопросы, пожалуйста.

Попель О.С.

Хватит, все ясно уже.

Председатель

А вот такой вопрос. Ну, вы оптимизируете по одному критерию. В то же время такое словосочетание: многокритериальная оптимизация, оно давно ласкает слух, этим

занимаются те, кто близок к этому. Можете ли вы сказать, что в будущем как-то планируете свою методику развить в этом направлении? Потому что критериев много, чтобы не по одному работать, а по многим?

Иванин О.А.

Я задумывался над реализацией многокритериальной оптимизации в рамках данного алгоритма, смотрел материалы по данной тематике. Мне кажется, главная проблема многокритериальной оптимизации – это вопрос расстановки весовых коэффициентов между целевыми параметрами. Возможно, я недостаточно знаком с источниками, но в тех работах, с которыми я сталкивался, весовые параметры критериев оптимизации расставлялись, фактически, экспертным образом. Я думаю, что со временем мы сможем ответить точно, насколько сэкономить деньги важнее, чем сократить выбросы, или сэкономить топливо – важнее, чем сэкономить деньги. Но поскольку пока что у меня нет этих ответов, многокритериальной оптимизацией я не занимался. Но в будущем она могла бы быть проведена. Таков ответ.

Председатель

Спасибо, Олег Александрович. Слово предоставляется... Вопросов нет больше? Значит, слово предоставляется научному руководителю, доктору технических наук, Директору Леониду Бенциановичу.

Ученый секретарь (научный руководитель)

Я постараюсь кратко охарактеризовать Олега Александровича. Он пришел в нашу лабораторию 7 лет назад, в это время обучался в магистратуре Московского энергетического института. После окончания поступил к нам в аспирантуру. Его срок пребывания в аспирантуре слегка затянулся, потому что после второго года обучения он был призван в научную роту ВКС – Воздушно-космических сил. Надо сказать, что даром этот год не прошел, поскольку были созданы такие условия, что был, по-моему, сорок пятый институт Министерства обороны, в котором Олег смог продолжить, по сути, работу над диссертацией по мере той возможности, которая в процессе службы давалась. Более того, у него был научный руководитель, с которым мы общались, я даже приезжал к ним в институт на конференцию, на которой выступал Олег Александрович. И аспирантуру он закончил, собственно, в семнадцатом году. Поэтому у него срок получился практически пятилетний.

Что касается самого Олега. На мой взгляд, прежде всего отличительная черта его характера – это основательность. Основательность во всем, что он делает. Основательность в подходах к решению задач и высокая требовательность к результатам. Я мучался больше всего в процессах написания Олегом статей. Там доходило до десятой итерации, поскольку все совершенствовалось и совершенствовалось, а просто заготовку он никогда не приносил. Что еще можно сказать? У Олега хорошее базовое образование энергетическое, чего в нашем институте, по крайней мере, уже среди молодых сотрудников не так много. Что, в общем-то, на мой взгляд, хорошо. Но в силу специфики задач, о которых говорилось в диссертации, ему пришлось освоить за это время и программирование в среде Delphi, и методы вычислительной математики на хорошем уровне. Кроме того, очень хорошее знание английского языка позволило ему познакомиться с большим количеством литературы, и надо сказать, что по этой тематике большинство литературы все-таки англоязычное.

Кроме того, Олег отличается широким кругозором увлечений, высокой эрудицией. В процессе обучения в магистратуре Олег занимался преподавательской деятельностью и в настоящее время он готовит лекции для студентов магистратуры МЭИ, которым в этом году сотрудники нашей лаборатории читают. В итоге я считаю, что Олег – вполне сформировавшийся научный сотрудник и в дальнейшем будет полезен и в лаборатории и

в институте. Спасибо.

Председатель

Спасибо, Леонид Бенцианович. Есть ли вопросы к научному руководителю? Если вопросов нет, значит слово опять Леониду Бенциановичу – он в двух ипостасях пребывает.

Попель О.С.

А это не противоречит, кстати, формальным требованиям?

Председатель

Не противоречит. Предоставляю слово секретарю для оглашения отзывов организации, где выполнялась работа – это ИВТАН, и ведущей организации – это Казанский государственный энергетический университет, а также отзывов на автореферат.

Ученый секретарь (научный руководитель)

Заключение нашего института я целиком читать не буду, заключение принято на объединенном семинаре отделов 2.1.3, 2.2.4, 2.1.1 и 3.1 ОИВТ РАН. По итогам обсуждения принято следующее заключение: в настоящей работе предложен новый метод оптимизации схем и режимов работы энергетических комплексов малой распределенной энергетики на основе симплексного алгоритма. Сказано об отличиях этого метода от известных методов и по поводу технологии искусственных нейронных сетей. Тема диссертации является актуальной, так как проблема проектирования комплексов малой распределенной энергетики непосредственно связана с планом научно-исследовательской работы ОИВТ РАН. Изложены основные публикации Иванина: всего 7 публикаций: ВАК, Web of Science и Scopus. Заключение: результаты, составляющие научную новизну, получены автором лично, работа Иванина удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертация рекомендуется к защите. Также рекомендации по поводу официальных оппонентов и ведущей организации. Заключение, принятое на заседании, подписано доктором технических наук Зайченко и кандидатом физико-математических наук Синельщиковым, утверждено академиком Петровым. Я могу продолжать дальше?

Председатель

Да, теперь отзыв ведущей организации. Наверное, потом все вопросы.

Ученый секретарь (научный руководитель)

Если по этой части нет вопросов, теперь отзыв ведущей организации. Ведущая организация – Казанский государственный энергетический университет. Отзыв подписан доцентом кафедры «Промышленная энергетика и системы теплоснабжения», кандидатом технических наук Валиевым, заведующим кафедрой «Промышленная энергетика и системы теплоснабжения» доктором технических наук, профессором Ваньковым, заверен ученым секретарем Зверевой и утвержден проректором по научной работе Шамсутдиновым. В отзыве отмечается актуальность темы диссертации, далее рассмотрена структура работы достаточно подробно по главам. Я не буду зачитывать, потому что это примерно половина автореферата по объему, перейдем, наверное, сразу к замечаниям. Отмечается степень новизны результатов, практическая значимость, достоверность и обоснованность, соответствие полученных результатов паспорту специальности, рекомендации по практическому использованию.

Основные замечания по работе:

1) В каждой главе диссертации решаются частные задачи с разными исходными

данными и составом оборудования, реализующие единую поставленную задачу, но не связанные между собой общей моделью, что затрудняет восприятие материала.

2) В тексте диссертации не полностью раскрыта информация об алгоритме, использующем симплекс-метод. В частности, не приведены примеры заполнения таблиц с исходными данными и пошаговый алгоритм работы вычислительного блока применительно к решаемой задаче.

3) Использование искусственных нейронных сетей с ограниченным по составу набором входных данных для построения относительных графиков электрических нагрузок сужает область применения разработанной программы до прогнозирования поведения потребителей с характерными графиками нагрузок.

4) В приближенной методике расчета технико-экономических показателей, приведенной в диссертации, расход топлива определяется расходом природного газа, что не позволяет выполнить анализ энергокомплексов с мини-ТЭЦ на базе дизельных двигателей.

5) Недостаточно раскрыта связь испытаний бака-аккумулятора тепла с основной тематикой диссертационной работы.

И заключение. Указанные замечания не снижают практической и теоретической значимости диссертации. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей важное значение для вновь создаваемых энергетических комплексов малой распределенной энергетики, и изложены новые научно обоснованные решения и разработки, имеющие существенное значение для их развития в масштабах страны. Предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями. Диссертация содержит новые научные результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных научных результатов и рекомендации по использованию сделанных научных выводов. Основные научные результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Иванин Олег Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы».

Отзыв составлен... здесь указано кем. Диссертация, автореферат и отзыв ведущей организации рассмотрены и обсуждены на совместном заседании кафедр «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения», «Тепловые электрические станции», «Экономика и организация производства». Протокол №1 от 31.08.2018.

Будем зачитывать все замечания?

Председатель

Давайте все, наверное, отзывы, чтобы время сократить – оптимизировать.

Ученый секретарь

На автореферат поступило, по-моему, семь отзывов.

Отзыв доктора технических наук, Рябова Георгия Александровича заведующего лабораторией специальных котлов ВТИ – отзыв положительный, с замечаниями:

1) Автор относит установки на ВИЭ к установкам 3 типа (стр. 9 автореферата). Вместе с тем более 50% таких установок – это установки с сжиганием и газификацией биомассы, относящиеся к типу 1.

2) Предлагаемый автором метод оптимизации не учитывает требований к надежности энергоснабжения и необходимость обеспечения резервирования генерирующих мощностей.

3) Расчеты и эксперименты проведены только для вариантов с газопоршневыми машинами и баками-аккумуляторами. Не рассмотрены другие типы установок. Представляет интерес сравнение разных технологических решений для одного и того же объекта.

Отзыв доктора технических наук Бабаева, профессора кафедры «Возобновляемых источников энергии» Дагестанского государственного университета. Отзыв положительный, с замечаниями:

1) В рамках предлагаемой методики для установок с выраженной зависимостью КПД от мгновенной мощности может быть определен оптимальный режим работы, но не оптимальная установленная мощность (с. 9). Следовательно, при проектировании энергетического комплекса на базе таких установок они должны быть предварительно выбраны каким-то другим методом, однако никаких алгоритмов подбора в работе не предложено.

2) При описании исходных данных одного из расчетов (с. 9) указывается, что годовые графики нагрузок моделировались по 4 характерным дням. Однако такой подход к моделированию нагрузок означает, что из расчета будут исключены периоды, соответствующие максимальному уровню нагрузок, на который проектируемый энергетический комплекс также должен быть рассчитан.

Отзыв кандидата технических наук Чернявского, главного специалиста ООО «ЭНЕРГО-ЮГ» Ростовтеплоэлектропроект. Отзыв положительный, с замечаниями:

1) Описанная в работе методика не учитывает необходимость резервирования генерирующих мощностей и необходимость обеспечения заданного уровня надежности энергоснабжения.

2) В описании главы 3 (с. 15) указано, что обучающая выборка для нейронной сети была составлена из 26 графиков нагрузок населенных пунктов, что явно недостаточно для полноценного обучения нейронной сети.

Отзыв доктора технических наук профессора Соколова, профессора кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Ивановского энергетического университета. Отзыв положительный, с замечаниями:

1) В автореферате нечетко описаны ограничения при постановке задачи оптимизации. Например, сумма мощностей установок на j -м временном интервале должна соответствовать сумме мощностей потребителей, при этом номинальные мощности большинства установок нормированы, а мощности ветрогенераторов и фотоэлектрических преобразователей зависят от природных условий (и не нормируются).

2) Не показано, каким образом учитываются линейные ограничения симплекс-метода и насколько учет ограничений снижает эффект оптимизации.

3) Графики нагрузок моделировались по 4 характерным дням. Почему в целевую функцию не включались затраты за весь расчетный период?

Отзыв кандидата технических наук доцента Захарова, профессора кафедры «Промышленной теплоэнергетики» также Ивановского энергетического университета. Отзыв положительный, с замечаниями:

1) В работе приводится всего два примера расчетов, на основании которых трудно судить об эффективности предлагаемой методики для других регионов России. Отсутствует сравнение предлагаемой методики с другими методами оптимизации энергетических комплексов.

2) В главе 3 отсутствует сравнение полученных результатов с другими методиками моделирования нагрузок, перечисленными в начале главы. Таким образом, затруднительно сделать выводы о преимуществе предлагаемого метода.

3) В главе 4 отсутствуют данные о погрешностях измерительных приборов, а также о методике обработки экспериментальных данных с учетом требований математической статистики. Эта информация была бы полезна при сравнении данных математического моделирования и физического эксперимента.

Отзыв кандидата технических наук Карамова, научного сотрудника Лаборатории исследования энергетических установок Института систем энергетики имени Мелентьева Российской академии наук. Отзыв положительный, с замечаниями:

1) Отсутствует пояснение о методах подбора вариантов оборудования, для которого может быть оптимизирован режим работы, но не установленная мощность.

2) В примерах расчетов не учтена стоимость подключения к сетям централизованного энергоснабжения, которая составляет часть капитальных затрат.

3) В главе 3 представлены методы моделирования суточных графиков электрических нагрузок, однако, с учетом горизонта расчета в 1 год, не вполне понятно, можно ли использовать предлагаемый метод для моделирования годовых графиков нагрузок.

Отзыв доктора технических наук Гурьянова, декана факультета авиадвигателестроения Рыбинского государственного авиационного технического университета имени Соловьева. Отзыв положительный, с замечаниями:

1) Предложенный способ линеаризации характеристики установки на базе ДВС, согласно материалам автореферата, подходит для дизельной установки. Не ясно, подходит ли он для газопоршневых или газотурбинных двигателей.

2) В автореферате нет расшифровки обозначений схемы, указанной на рисунке 6. Возможно, она есть в тексте диссертации.

Все, отзывы закончились.

Председатель

Спасибо, Леонид Бенцианович. Есть ли вопросы у присутствующих к секретарю? Тогда слово предоставляется Олегу Александровичу для ответа на замечания, прозвучавшие в письменных отзывах.

Иванин О.А.

Я постараюсь. По вопросам Рябова. Касательно того, что установки на биомассе не могут быть смоделированы так, как, например, ветрогенераторы или ФЭП. Установки на биомассе моделируются так же как установки на традиционных видах топлива, просто вносятся другие данные о топливе и другие характеристики установки.

Предлагаемый метод не учитывает требований к надежности энергоснабжения. Мне кажется, что на этот вопрос я уже ответил.

Расчеты и эксперименты проведены только вариантов с газопоршневыми машинами и баками-аккумуляторами. Расчеты, как вы могли видеть, проведены для различных схем, в том числе на базе газотурбинных двигателей, мини-ТЭЦ, возобновляемых источников. А то, что эксперименты проведены только с мини-ТЭЦ и баком аккумулятором, ограничивается возможностями экспериментального стенда ОИВТ РАН – какие установки там стоят, с такими эксперименты и проводились.

Отзыв Бабаева. К первому вопросу по поводу выбора установок на базе ДВС: я уже сказал о том, что в связи с особенными требованиями к надежности и резервированию эти установки должны выбираться каким-то образом экспертно. По крайней мере, стоит предложить несколько вариантов, а для нескольких вариантов уже могут быть проведены расчеты и из них выбран наиболее подходящий.

При описании исходных данных говорится, что годовой график нагрузок моделировался по 4 характерным дням. Такой подход не учитывает периоды экстремальных нагрузок. Да, действительно, нагрузки моделировались по 4 характерным дням, однако расчеты должны были, по большей части, продемонстрировать возможности метода, и оценить основные нагрузки, в общем оценить затраты на энергоснабжение. Разумеется, при проведении расчетов для реально существующих объектов стоит моделировать полный график нагрузок, в том числе с экстремальными днями, но для этого нужно больше данных.

По отзыву Чернявского. Первое замечание относится к надежности и резервированию, на него я уже отвечал.

Второе замечание относится к малому размеру выборки для нейронной сети. Действительно, 26 графиков нагрузок достаточно мало, но трудно найти суточные графики нагрузок с часовым разбиением на интервалы, по которым нейронную сеть можно было бы обучать. Собственно, все графики, которые удалось найти для схожих потребителей, я и использовал.

По замечаниям Соколова. Про невозможность нормирования мощностей ветрогенераторов и фотоэлектрических преобразователей. Они, в общем-то, и не должны нормироваться, потому что они работают по заранее просчитанному графику удельных нагрузок и все, что нам интересно – это число ветрогенераторов определенной модели или площадь ФЭП. А это учитывается в уравнении энергетического баланса.

Второе замечание. Не показано, каким образом учитываются линейность ограничений метода, насколько учет ограничений снижает эффект оптимизации. Я думаю, что на самом деле экспериментальная верификация показывает примерное расхождение моделей и реальных затрат. Кроме того, этот вопрос рассматривался на слайде, посвященном линеаризации. На мой взгляд, влияние линейности ограничений – допустимое.

Графики нагрузок моделировались по 4 характерным дням. Почему не включались затраты за весь расчетный период времени? Схожий вопрос был у Бабы Джабраиловича, на него я ответил.

Захаров. В работе приводится всего два примера расчетов, на основании которых трудно судить об эффективности предлагаемой методики для других регионов России. Отсутствует сравнение предлагаемой методики с другими методами оптимизации энергетических комплексов. Дело в том, что сравнивать достаточно трудно, потому что для сравнения результатов расчетов по одной методике и по другой нужен весь объем исходных данных, который получить, строго говоря, затруднительно. Расчеты, на самом деле, проведено больше, в том числе и в публикациях есть другие расчеты. В диссертацию хотелось включить что-то более новое и актуальное, на самом деле расчетов, конечно, гораздо больше, чем два.

Следующее замечание: в третьей главе отсутствует сравнение полученных результатов с другими методиками моделирования, перечисленными в начале главы. Особенность задачи заключалась в моделировании нагрузок при минимальных исходных данных. И с теми исходными данными, которые я выбрал, другие методы просто неприменимы. Поэтому сравнивать не с чем. То, что использование вейвлетов или Фурье-преобразования позволяет точнее моделировать графики нагрузок в ряде случаев, у меня вопросов не вызывает. Но, так сказать, «фишка» метода в том, что он применим, когда остальные – неприменимы.

В главе 4 отсутствуют данные о погрешностях измерительных приборов, а также методики обработки экспериментальных данных с учетом требований математической статистики. Я просто при написании диссертации не посчитал нужным эти данные включать, но, разумеется, все данные по погрешностям имеются и они учитывались.

Карамов. Отсутствуют пояснения о методах подбора оборудования, для которого может быть оптимизирован режим работы, но не установленная мощность. Я говорил об этом раньше.

В примерах расчетов не учтена стоимость подключения к сетям централизованного энергоснабжения, которая составляет часть капитальных затрат. Это действительно так, в приведенном примере с моделированием газотурбинной установки затраты на подключение к централизованным сетям не учитывались, поскольку подразумевалось, что населенный пункт к этим сетям уже подключен. Но включить затраты на подключение к сетям в общую методику проблем не составляет. Если начальные условия для расчетов будут такими, это можно сделать.

В главе 3 представлены методы моделирования суточных графиков нагрузок, однако, с учетом горизонта расчета в один год, не вполне понятно, можно ли использовать предлагаемый метод для моделирования годовых графиков нагрузки. На самом деле это – самый интересный вопрос. Интересный, в том числе, и для меня. Потому что использовать метод для моделирования годового графика я, конечно, могу. Но для того, чтобы понять, какая при этом будет погрешность, мне надо будет сравнить его с контрольным графиком. А для этого мне надо иметь хотя бы какую-то выборку годовых почасовых графиков нагрузок, чтобы было сравнение. Я смог сравнить с четырьмя характерными днями, для которых графики нагрузок были, а каков результат будет при сравнении с годовым графиком я сказать не могу. Предполагаю, что точность может быть ниже, но все надо проверять.

Гурьянов. Предложенный способ линеаризации характеристики установки на базе ДВС, согласно материалам автореферата, подходит для дизельной установки. Не ясно, подходит ли он для газопоршневых или газотурбинных двигателей. Да, подходит, я отвечал на этот вопрос ранее.

В автореферате нет расшифровки обозначений схемы. В диссертации она, конечно же, приводится.

Замечания ведущей организации.

Задачи, решаемые в различных главах, не связаны общей моделью, что затрудняет восприятие информации. Я считаю, что они связаны, и схема этой модели была представлена во время моего доклада. Здесь есть и потребитель, для которого нужны графики нагрузок, и различные установки, для которых нужны матмодели, в частности, аккумулятор тепла, который исследовался в эксперименте.

Не полностью раскрыта информация об алгоритме, использующем симплекс-метод. Я думаю, что демонстрация таблиц и процесса составления системы ограничений была мною показана в процессе доклада. Хотя в диссертации этих материалов действительно нет.

Недостаточная выборка данных для искусственной нейронной сети – на этот вопрос я ответил.

Расходы на топливо определяются расходом газа, что не позволяет делать расчеты для дизельных двигателей. Это не совсем так, расход газа действительно учитывается в приведенных примерах расчета, но в случае с дизельным двигателем мы просто задаем другие характеристики топлива, другие характеристики установки и это позволяет нам делать расчеты и для таких установок тоже.

Не вполне раскрыта связь исследований бака-аккумулятора с общей тематикой работы. Поскольку в метод должна была быть включена математическая модель бака-аккумулятора, интересно было посмотреть, какие есть ограничения по скоростям зарядки и разрядки, связь объема с емкостью бака. Все это было определено в процессе экспериментальных исследований. И подтвердилось, что заложенные в модели ограничения действительно имеют место быть. Вот, собственно и все по перечисленным замечаниям.

Председатель

Спасибо, Олег Александрович. Может быть, у кого-то возникли вопросы? Вопросов нет. Тогда переходим к отзывам официальных оппонентов. Слово предоставляется официальному оппоненту, доктору технических наук Сосниной Елене Николаевне, Нижегородский государственный технический университет.

Соснина Е.Н.

С места?

Председатель

Можете туда выйти, как вам удобно.

Соснина Е.Н.

Мне все равно. Тогда начну. На отзыв своевременно были представлены диссертация и автореферат Иванина Олега Александровича, и изучение диссертационных материалов позволило сделать следующие выводы: актуальность работы не вызывает сомнений. Развитие энергоудаленных территорий является стратегической задачей энергетической политики государства. Ключевая роль при этом отводится малой распределенной генерации. В настоящее время изолированные системы энергоснабжения активно используют комбинацию традиционных установок, возобновляемых источников энергии и различных накопителей. Эффективность таких энергетических комплексов зависит от состава оборудования и согласованности оптимальных нагрузок комплексов комплекса с реальными нагрузками потребителей. Диссертационная работа направлена на повышение энергетической эффективности комплексов малой распределенной энергетики, в состав которых входят разнотипные генерирующие, в том числе когенерационные и аккумулирующие установки; выбор оптимальной конфигурации комплекса и оптимальных режимов работы энергоустановок позволяет обеспечить минимальные затраты на производство энергии.

Диссертационная работа обладает научной новизной и возможностью практического применения результатов. Научная новизна заключается в разработке новых алгоритмов, в разработке математических моделей, в разработке нового метода оптимизации схем и режимов работы комплексов малой распределенной энергетики. Метод применим для комплексов с различными типами энергоустановок, в том числе когенерационными. Представленная работа имеет практическую ценность: разработанную автором методику оптимизации можно использовать как при проектировании, так и при реконструкции систем энергоснабжения автономных потребителей. Применение оптимизированных схем и режимных карт энергетических комплексов позволит снизить затраты на энергоснабжение. Достоверность результатов исследований подтверждается использованием апробированных методов математического и компьютерного моделирования энергетических систем, программных средств, выводы и рекомендации основаны на анализе и сравнении расчетных и экспериментальных данных. По публикациям и апробациям. По теме диссертации автором опубликовано 9 печатных работ, 4 из которых – в изданиях, рекомендованных ВАК. Автор имеет 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. Апробация основных положений диссертации проходила на 6 международных и всероссийских конференциях. Перехожу к замечаниям. В целом работа оформлена аккуратно, диссертация и автореферат написаны грамотно, принятым техническим языком. Основные замечания следующие:

1) В тексте диссертации следовало бы дать ссылки на работы отечественных и зарубежных авторов, связанных с темой проводимых исследований. Собственно, ссылки есть, ни одной фамилии нет. Это было бы интересно, чтобы авторы озвучивались. Много ученых, которые занимаются такой проблематикой.

2) Второе замечание: предлагаемый метод оптимизации не учитывает требований, предъявляемых к надежности энергоснабжения различных потребителей, и, как следствие, необходимости резервирования генерирующих мощностей. В принципе, такое замечание было уже у членов совета.

3) Третье. При определении коэффициента загруженности, это формула 2.3 в тексте диссертации, в числителе указана мощность i -й установки на j -ом интервале времени. Следует пояснить, какая мощность подразумевается под текущей. Какое ее значение следует использовать? Мгновенное, действующее значение, среднее значение?

4) Четвертое замечание. Согласно формуле 2.4 коэффициент загруженности может быть меньше или равен единице. В случае использования ветроустановок, фактическая

вырабатываемая ими мощность может быть выше номинальной. Таким образом, наиболее эффективный режим работы не будет учтен при оптимизации, потому как ограничивается единицей. То же относится и к дизельным генераторам, которые могут работать с нагрузкой, выше номинальной.

5) Обучающая выборка для нейронной сети была сформирована из 26 графиков нагрузки, что, может быть недостаточным для обучения нейронной сети.

6) И последнее замечание. Из текста диссертации не ясно, в чем отличие разработанной модели графиков нагрузок от разработок других коллективов на основе нейронных сетей.

Тем не менее, общая оценка, несмотря на замечания, она, конечно, положительная, отношение к работе положительное. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и вносит определенный вклад в область знаний, охватываемой данной научной специальностью. Область исследований соответствует третьему пункту паспорта: использование на этапе проектирования и в период эксплуатации методов математического моделирования с целью исследования и оптимизации структуры и параметров энергетических систем и комплексов. Диссертационная работа обладает научной новизной и практической значимостью, основные положения диссертации своевременно опубликованы автором. Автореферат диссертации раскрывает основное содержание работы.

Ну и какое можно сделать заключение? Анализ представленного материала позволяет сделать заключение, что диссертация Иванова Олега Александровича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно обоснованные технические решения, позволяющие повысить эффективность энергетических комплексов малой распределенной энергетики, практическое применение которых будет играть значительную роль для развития электроэнергетической отрасли России. Диссертация соответствует критериям положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842, в том числе пункту 9, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. У меня все.

Председатель

Спасибо, Елена Николаевна за ваше содержательное выступление. Есть ли вопросы к официальному оппоненту?

Зейгарник В.А.

Есть вопрос.

Председатель

Да, Владимир Альбертович

Зейгарник В.А.

Поскольку не догадался задать этот вопрос Олегу, задам его вам.

Соснина Е.Н.

Это главное – оппонента охватить вниманием.

Зейгарник В.А.

В названии работы – малая распределенная энергетика. Возможно ли использовать этот подход, если речь идет об автономном поселке с мощностью 2 гигаватта?

Соснина Е.Н.

Автономный поселок с мощностью 2 гигаватта? Я считаю, многовато, конечно, для

автономного поселка.

Зейгарник В.А.

Вот представьте себе. Подход сам позволяет рассчитывать?

Соснина Е.Н.

Ну, в принципе, если в этом поселке имеется промышленное производство и там имеется установка промышленного назначения, то почему нет. Теоретически...

Зейгарник В.А.

То есть слово «малая» тут обязательно?

Соснина Е.Н.

Вы знаете как... Это будет все таки скорее исключение из правил, чем правило. Потому что все же такой мощности установки от централизованных систем получают энергоснабжение. Согласитесь, да. Но в принципе, почему нет?

Попель О.С.

Ну, если 2 гигаватта, то нужно строить уже нормальную электростанцию.

Соснина Е.Н.

Малая как бы до 25 мегаватт. Это общепринятое, так считается. Какие еще вопросы?

Председатель

Так, спасибо. Еще вопросы есть к официальному оппоненту? Поблагодарим еще раз Елену Николаевну, спасибо вам большое. Предоставляю слово диссертанту Олегу Александровичу для ответа на прозвучавшие вопросы оппонента.

Иванин О.А.

Елена Николаевна, вы могли бы дать мне перечень вопросов?

Соснина Е.Н.

А у меня нет перечня вопросов. А, есть, только что... Значит те вопросы, с которыми вы согласны, вы говорите: «с замечанием согласен». Не нужно их повторять.

Зайченко В.М.

Про другие вопросы можно сказать: «я ответил на этот вопрос ранее».

Иванин О.А.

Касательно упоминания других авторов – согласен с замечанием.

Требования к надежности и резервированию – этот вопрос уже был раскрыт ранее.

Вопрос о том, какая мощность подразумевается под текущей при определении загруженности. Под текущей предполагается средняя мощность установки в течение часа, которая в рамках метода предполагается постоянной.

Четвертый вопрос, о нормировании нагрузок установок, которые могут работать с нагрузкой выше номинальной. В этом случае нагрузка установки и коэффициент загруженности нормируются не по номинальной, а по максимальной возможной мощности.

Недостаточность выборки для нейронной сети. Этот вопрос я уже комментировал.

Из текста диссертации не ясно, в чем отличие предложенной модели от других разработок на основе нейронных сетей. Главное отличие заключается в наборе

параметров, подаваемых на вход нейронной сети. Задача заключалась в том, чтобы разработать методику, которая будет выдавать примерный график нагрузки при минимальной информации о потребителе, и который можно было бы использовать на предпроектной стадии разработки системы для приблизительных оценок. Такого рода работ в изданиях наших и зарубежных я не заметил. Большинство работ, посвященных прогнозированию нагрузок на базе нейронных сетей, посвящены долгосрочному прогнозированию, а с краткосрочным прогнозированием все равно используется другая и достаточно обширная выборка исходных данных. Я думаю, что ответил на все.

Председатель

Спасибо, Олег Александрович. Вопросов не возникло ни у кого? Тогда переходим ко второму оппоненту. Слово предоставляется официальному оппоненту – кандидату технических наук Яворовскому Юрию Викторовичу, Московский энергетический институт.

Яворовский Ю.В.

Здравствуйте, уважаемые коллеги. Тема диссертационного исследования Олега Александровича, безусловно, актуальна. Это не вызывает сомнений, поскольку необходимость развития распределенной энергетики обозначена в Энергетической стратегии Российской Федерации. И формирование такие систем, интегрируемых в единую энергетическую систему или работающих изолированно, является очень актуальной задачей, поскольку сейчас разрабатываются системы с участием интеллектуальных систем. Актуальность данной работы не вызывает никаких сомнений.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, работа изложена на 125 страницах, содержит 41 рисунок, 8 таблиц и список литературы достаточно объемный – включает 85 наименований. Во введении обоснована актуальность темы исследования, обозначены цель и задачи работы, указана научная новизна, значимость работы, приведены положения, выносимые на защиту. В первой главе дается краткое описание истории отечественной энергетики, обозначены причины, обуславливающие наметившийся в последние десятилетия тренд на развитие распределенной генерации и приводится описание различных типов генерирующих установок и аккумуляторов. Проведен очень хороший анализ публикаций, посвященных проблеме оптимизации энергетических комплексов, в конце главы сформулированы задачи исследования. Во второй главе приводится описание обобщенной математической модели энергетического комплекса, обоснован выбор метода оптимизации, изложены правила составления системы уравнений. Приведено описание программы, реализующей предлагаемый алгоритм оптимизации и результаты расчетов энергетических комплексов. В третьей главе обозначена проблема моделирования графиков электрических нагрузок потребителей. Показано, что в условиях недостатка информации о потребителе, целесообразно использовать для решения этой задачи искусственные нейронные сети. Предложена структура нейронных сетей для моделирования электрических нагрузок сельских населенных пунктов и многоквартирных домов. Приведены результаты моделирования нагрузок, демонстрирующие удовлетворительную сходимость с контрольными графиками. И четвертая глава, завершающая, посвящена исследованиям на стенде, который моделирует энергетический комплекс. Приводится описание стенда, а также описание программы мониторинга параметров работы оборудования. Изложены результаты испытаний газопоршневой мини-ТЭЦ и вертикального бака-аккумулятора теплоты. Представлена зонная модель бака-аккумулятора, результаты математического моделирования и определена величина экономических затрат. В заключении перечислены основные результаты, полученные в ходе диссертационного исследования.

Содержание работы полностью соответствует паспорту специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы, как по форме, так и по области исследований. В

частности, по форме: на основе системного подхода совершенствуются существующие энергетические системы, прорабатываются перспективные структуры энергетических систем. А по области исследований полностью соответствует пункту 3: использование на этапе проектирования и в период эксплуатации методов математического моделирования с целью оптимизации структуры и параметров работы энергетических систем и комплексов.

По итогам работы автором получены научные результаты. Научная новизна работы, по моему мнению, заключается в том, что разработана методика оптимизации схем и режимов работы энергетических комплексов малой распределенной энергетики. В основе оптимизационных расчетов заложен симплекс-метод. Преимущество методики перед другими решениями данной задачи, представленными в отечественных и зарубежных публикациях – это относительная универсальность решения, и возможность оптимизации, кроме прочего, когенерационных систем. Не только когенерационных, но и тригенерационных. Кроме этого в качестве научной новизны может быть указано то, что разработан алгоритм моделирования электрических нагрузок населенных пунктов и других различных потребителей с применением аппарата искусственных нейронных сетей. Новизна подхода заключается в выборе исходных данных таким образом, чтобы можно было получить график нагрузки в условиях недостатка исходной информации. Практическая значимость работы также не вызывает сомнений. Разработанная методика оптимизации схем и режимов работы энергетических комплексов малой распределенной энергетики может быть использована при проектировании энергетических комплексов, в том числе гибридных, когенерационных, тригенерационных. Методика может быть применена для выбора оптимального варианта модернизации и при оценке повышения потенциала энергетической эффективности для существующих энергетических комплексов. Научные результаты, полученные, в работе могут быть использованы в учебном процессе, в частности, в Московском энергетическом университете, в Ивановском энергетическом университете и в ряде научно исследовательских и проектных организаций. Достоверность результатов также не вызывает сомнений, поскольку использованы апробированные методы исследований, апробированные методы программирования и моделирования.

Замечания к работе:

1) Первое замечание. В работе отсутствует сравнение расчетов с какими-либо аналогичными расчетами.

2) Второе замечание. Наличие только двух тестовых расчетов не позволяет в полной мере оценить все возможности предлагаемой методики.

3) Третье замечание. При моделировании нагрузок потребителей по 4 характерных дням, из годового графика нагрузок выпадают периоды экстремальных климатических условий, и полученная в результате оптимизации схема энергоснабжения не будет рассчитана на соответствующие этим условиям нагрузки.

4) Четвертое замечание. Выборку исходных данных для обучения нейронных сетей нельзя назвать достаточной, кроме того, в случае с сельскими населенными пунктами, использовались графики нагрузок расположенных только в Якутии и Камчатском крае населенных пунктов.

5) И пятое замечание. Не понятно, были ли использованы в разработке методики оптимизации результаты экспериментальных исследований, полученные в четвертой главе.

Несмотря на это, следует отметить, что перечисленные замечания по существу работы никаким образом не обесценивают результаты, полученные Ивановым Олегом Александровичем, и сама диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, полностью соответствующую паспорту специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Автореферат отражает основное содержание диссертации и отвечает всем требованиям ВАК. Диссертационная работа

отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Иванов Олег Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01. - энергетические системы и комплексы. Спасибо за внимание.

Председатель

Спасибо, Юрий Викторович, за ваш обстоятельный отзыв. Есть ли вопросы у кого-то, может быть, к официальному оппоненту? Так, вопросов нет. Тогда предоставляется слово диссертанту для ответа на прозвучавшие замечания.

Иванов О.А.

Касательно первого вопроса о сравнении результатов с какими-либо аналогичными. Похожий вопрос уже был, я его комментировал.

Малое количество расчетов. Всего два представлено в диссертации, на самом деле произведено было больше. Я это уже говорил.

Моделирование нагрузок потребителей по четырем характерным дням – не попадают экстремальные условия. Также этот вопрос уже «всплывал». Разумеется, при расчетах реальной схемы энергоснабжения, а не демонстрационных расчетах метода, необходимо использовать более широкую выборку графиков нагрузок.

Про выборку исходных данных для нейронных сетей. Частично я комментировал, но скажу пару слов насчет того, что населенные пункты расположены в Якутии и Камчатском крае. Действительно, по результатам обучения нейронной сети она, вроде как, неплохо справляется с задачей, но это подходит именно для моделирования нагрузок поселков, расположенных в этих же областях, где-то там же – на востоке Сибири либо на Дальнем востоке. Моделировать нагрузку какого-нибудь поселка в окрестностях Ялты я бы этой сетью не стал. Но это связано с тем, что просто нужно больше примеров для обучения нейронной сети. А ее методологические возможности такая выборка графиков нагрузок вполне демонстрирует.

И последний вопрос. Были ли использованы при разработке методики оптимизации результаты экспериментальных исследований, описанных в четвертой главе? Да, я говорил об этом в процессе доклада, все характеристики газопоршневых мини-ТЭЦ, а также особенности работа бака-аккумулятора заложены в математические модели установок, которые были использованы при оптимизационных расчетах. На этом я заканчиваю с ответами на вопросы.

Председатель.

Спасибо, Олег Александрович. Следующим пунктом повестки у нас значится дискуссия. Предваряя дискуссию, с учетом того, что сегодня очень много вопросов было задано диссертанту, все, наверное, оценили глубину ответов, поэтому вопрос, касающийся актуальности исследований и научной новизны, лично для меня представляется совершенно ясным. Я сразу скажу, что положительным будет мое голосование, к чему и всех, так сказать, призываю. И, тем не менее, кто у нас выступит кратенько? Пожалуйста.

Синкевич М.В.

Старший научный сотрудник НИЦ-2, Синкевич Михаил Всеволодович. С работой я хорошо знаком, результаты диссертации мы использовали в работе над контрактом по ФЦП. Мой более чем сорокалетний опыт работы в области создания энергетических установок и энергетических объектов с газотурбинными двигателями говорит о том, что работа – полезная, интересная. Несмотря на шероховатости всякие, какие-то недостатки, неизбежные для таких работ, диссертация полностью соответствует, по моему мнению, требованиям, предъявляемым к диссертациям, а Олег Александрович заслуживает присуждения степени кандидата технических наук. Спасибо.

Председатель

Спасибо. Так, еще есть желающие? Пожалуйста.

Аминов Р.З.

Я хотел сказать, что да, действительно работа интересная, актуальная, надо ее поддержать. Но вот знаете, в энергетических системах больших накоплен очень большой опыт их развития. Очень большой. И с точки зрения надежности, и с точки зрения резервов, и с точки зрения режимов их использования. Его надо использовать. И как раз вы придете к многокритериальным вопросам. То есть если вы хотите учесть надежность, вы вводите второй критерий. Причем для энергосистем разработана свертка этих критериев. Их можно свертывать и приводить к денежному результату, это облегчает проведение расчетных исследований. Тут много вопросов возникает: это и единичная мощность, и резервы, и надежность. И это непростой вопрос. Я думаю, что если вы вот это дело доработаете, будет хорошая докторская диссертация.

Иванин О.А.

Благодарю вас.

Председатель

Спасибо большое, Рашид Зарифович. Еще? Олег Сергеевич, пожалуйста.

Попель О.С.

Очень кратко. Хотел бы обратить внимание на то, что многие оппоненты, рецензенты вопросы задавали, насколько методика апробирована. Трудно сейчас считать, что на данном этапе готовый есть какой-то расчетный код, который можно использовать как нормативный. Как некоторый официальный материал для расчетов энергоустановок, оптимизации систем и так далее. Диссертация – это лишь начальный, так сказать, шаг. На мой взгляд, это проба, так сказать, пера. Но очень важная. Потому что вы знаете, как происходит выбор энергоустановок, расчет при проектировании у нас, в традиционной энергетике. По расчетным некоторым параметрам это делается, не учитывается, как правило, серьезно графики нагрузки. А здесь вот первый, так сказать, но очень важный шаг. Он не совсем первый, но один из первых у нас в России, когда принимается попытка почасового моделирования работы энергоустановок, то есть динамического такого моделирования, с учетом многих вещей, аккумулирования энергии. Ну, для традиционной энергетике может быть и излишним такой подход, а вот если вы учитываете возобновляемые, переменные, очень изменяющиеся источники энергии, то без такого подхода осмыслить работу установок и оптимизировать ее невозможно. И это является, мне кажется, очень большим достижением этой работы. Второй момент, на который я хотел обратить внимание. Я считаю, что очень полезный и ценный результат – это вот применение нейронных сетей, получение, предсказание графиков нагрузки по нескольким исходным параметрам. Это сейчас приобретает очень большое значение в связи с программами освоения арктических районов, отдаленных областей. Есть небольшие там поселения или планируется их спроектировать. На возобновляемых источниках энергии военные хотят... Спроектировать или выбрать установки для их энергоснабжения без графиков нагрузки – сезонных, суточных и так далее практически невозможно. И то, что Олегом разработана методика предсказания на основе такой вот обучающейся модели этих графиков, это тоже чрезвычайно важно и практически значимо. Мне кажется, что работа очень добротная, очень качественная. Выступление Олега было сегодня очень убедительно и, безусловно, работу я считаю нужным поддержать.

Председатель

Спасибо, Олег Сергеевич. Ну, я думаю, что вопрос уже для всех как бы прояснен. Поэтому, если кто-то настаивает на выступлении... Тогда заключительное слово у нас предоставляется соискателю Иванину Олегу Александровичу.

Иванин О.А.

Я прошел очень долгий путь до защиты. На мой взгляд. И наблюдая за коллегами, которые сделали это гораздо быстрее, я, конечно, много раз чувствовал неуверенность в своих силах. Я боялся, что что-то не выйдет, что мне не хватит знаний, настойчивости, может быть где-то ума. И возможно, этот день никогда бы не настал, если бы не помощь многих моих коллег, которым я хотел бы сказать «большое спасибо за содействие». В первую очередь, я бы хотел поблагодарить, конечно же, своего научного руководителя, Леонида Бенциановича. Его доля в этой работе, я думаю, что никак не ниже моей. Потому что Елена Николаевна отметила, что диссертация написана грамотным техническим языком, очень аккуратно, ее приятно читать и, конечно же, это – заслуга моего научного руководителя. Кроме того, я хотел бы поблагодарить мою маму, Елену Юрьевну. Потому что она помогала мне на каждом этапе моей работы, и ее моральная поддержка в определенные моменты была для меня неоценима. Я хотел бы сказать спасибо человеку, которого не смог я здесь, к сожалению, увидеть, хотя он и планировал приехать. Но, будучи человеком военным, не получил такой возможности. Это командир роты, в которой я служил, Сергей Анатольевич Скворцов. За то, что он предоставил мне определенные возможности в процессе моей службы в армии для того, чтобы продолжить работу над диссертацией. Идея о гиперболической аппроксимации характеристики КПД и ее обращении в линейную зависимость, которая значительно упростила и ускорила процесс оптимизации, пришла мне в процессе несения службы в суточном наряде. Прекрасное событие. И я благодарен ему за то, что помимо несения суточных нарядов, я мог работать с литературой, я мог тестировать метод. И я хотел бы сказать спасибо еще одному человеку, который на самом деле начал эту работу, во многом являлся ее вдохновителем, но, к сожалению, до сегодняшнего дня не дожил. Я хотел бы сказать спасибо Игорю Леонидовичу Майкову. Которому, во многом, принадлежит идея применения симплексного метода для оптимизации энергетических комплексов. Спасибо всем присутствующим. Для меня это очень важный момент. Степень кандидата наук для меня – не пустой звук, но я считаю, что это не последний шаг в моем развитии. Я постараюсь усовершенствовать эту работу. Еще раз благодарю всех за возможность вынести свою работу на суд совета и за то, что это событие состоялось. Благодарю, господа!

Председатель

Уважаемые коллеги, уважаемые члены диссертационного совета, далее нам для проведения процедуры тайного голосования необходимо избрать счетную комиссию. Счетная комиссия предлагается в следующем составе: Леонов Сергей Борисович, Попель Олег Сергеевич и Чиннов Валерий Федорович. Кто за то, чтобы определить счетную комиссию в таком составе? Кто против? Тогда значит, получаем бюллетени и производим процедуру голосования. Просьба не расходиться, потому что, напоминая, нам предстоит процедура утверждения протокола. Протокола и заключения.

(проводится процедура тайного голосования)

Леонов С.Б.

Состав избранной комиссии: Леонов Сергей Борисович, Олег Сергеевич Попель, Чиннов Валерий Федорович. Я буду говорить кратко. Присутствовали на заседании 18 членов совета. Из них число докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации: 8. Роздано бюллетеней: 18. Осталось нерозданных бюллетеней: 7. Оказалось в урне

бюллетеней: 18. Результаты голосования: за – 18, против – 0, недействительных – 0. Спасибо.

Председатель

Так, нам необходимо утвердить протокол. Кто «за»? Кто «против»? Воздержавшиеся? Единогласно. Поздравляем нашего диссертанта и всех людей, которые принимали участие в этой большой работе, с таким блестящим результатом. Нам необходимо еще проект заключения утвердить. Они розданы, не розданы? Какие есть замечания?

Батенин В.М.

Можно? Знаете, у меня есть дурацкая привычка читать.

Я читаю: достоверность результатов анализа выявила, что идея диссертационной работы базируется на... Какая связь между достоверностью и идеей? Я считаю, что слова о достоверности надо исключить, а как достоинство работы отметить идею. Это первое. И последний абзац – это вообще абракадабра. Прочитайте, пожалуйста: для проведения тайного голосования выбрана комиссия... в количестве 18 человек... ну надо расставить скобки хотя бы здесь. Читать невозможно.

Левина О.А.

Нельзя, так положено.

Батенин В.М.

Но это не по-русски написано!

Левина О.А.

Не по-русски, но так положено. В положении так.

Батенин В.М.

Извините, тогда надо от нашего совета написать в ВАК письмо, чтобы читали хотя бы таких авторов, как Набоков, который боролся за качество русского языка.

Леонов С.Б.

Нельзя ли небольшими изменениями, запятую где-то лишнюю поставить?

Батенин В.М.

Прочитайте дальше.

Левина О.А.

Там ничего править не надо. Ничего нельзя менять.

Леонов С.Б.

Междометие можно добавить?

Левина О.А.

Ничего нельзя.

Ученый секретарь (научный руководитель)

Вы не читали предыдущее заключение, один в один. У нас все подряд такие идут.

Томаров Г.В.

А вот личный вклад: непосредственное участие, непосредственное,

непосредственное... А бывает какое-то другое участие? Зачем это прилагательное? Или это тоже, так сказать, ВАКовский мотивчик? Но самое интересное – это, конечно, непосредственное участие в выборе цели исследования.

Председатель

Там несколько раз что ли?

Томаров Г.В.

Ну, трижды, трижды идет.

Председатель

Ну, надо поработать над этим, да? Причесать. Еще, пожалуйста, есть замечания какие-нибудь?

Леонов С.Б.

Есть замечание – прочитать еще раз и поправить.

Председатель

В рабочем порядке. С высказанными замечаниями и пожеланиями предлагается принять проект заключения, доработать его. Кто за это? Против? Воздержавшиеся? Все. Тогда всем присутствующим, добравшимся членам совета, потому что вы знаете, насколько критична все время с кворумом ситуация, и не только в нашем совете, отдельная благодарность всем членам совета, безусловно, оппонентам, спасибо за участие. Мы не так часто встречаемся. Поэтому большое-большое спасибо лично от меня, от председателя, с надежной на дальнейшее взаимопонимание и сотрудничество.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
дата защиты 10.10.2018 протокол № 4

О присуждении **Иванину Олегу Александровичу**, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «**Оптимизация энергетических комплексов малой распределенной энергетики**» в виде рукописи по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы принята к защите 18.07.2018г. (протокол заседания №3) диссертационным советом Д 002.110.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН, 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 75/нк от 15.02.2013 г.

Соискатель **Иванин Олег Александрович** 1989 года рождения в 2012 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Национальный исследовательский университет "МЭИ" (НИУ МЭИ, 111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14).

В 2017 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Работает младшим научным сотрудником в лаборатории 2.1.3.1 – распределенной генерации отдела № 2.1.3 – распределенных энергетических систем отделения № 2.1 – энергетики и энерготехнологий Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики (НИЦ-2) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории 2.1.3.1 НИЦ-2 ОИВТ РАН.

Научный руководитель – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории 2.1.3.1 **Директор Леонид Бенцианович**.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор **Соснина Елена Николаевна**, профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева (603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина д. 24);

Кандидат технических наук, доцент **Яворовский Юрий Викторович**, заведующий кафедрой «Промышленных теплоэнергетических систем» ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет МЭИ (НИУ МЭИ) (111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51) в своем положительном заключении, принятом на совместном заседании кафедр «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения», «Тепловые электрические станции» и «Экономика и организация производства» (протокол № 1 от 31.08.2018 г.), составленном доцентом кафедры «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения», к.т.н. Валиевым Радиком Нурттиновичем и заведующим кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и системы

теплоснабжения», д.т.н., профессором Ваньковым Юрием Витальевичем (утверждено ученым секретарем ФГБОУ ВО КГЭУ д.т.н. Зверевой Э.Р.), указала, что диссертация выполнена на актуальную тему, результаты, полученные лично диссертантом, способствуют развитию малой распределенной энергетики и могут быть рекомендованы для использования в научно-исследовательских, образовательных и конструкторских организациях: ОИВТ РАН, ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет МЭИ, ООО «ЭНЕРГО-ЮГ», ООО «Ростовтеплопроект» и других.

Результаты работы опубликованы в 7 научных статьях: 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них 3 – в изданиях, индексируемых в реферативных базах Web of Science и Scopus. Перечень работ:

1) Директор Л.Б., Майков И.Л., Иванин О.А. Задача оптимизации автономных энергетических комплексов в составе локальных распределительных сетей // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2012. №4. С. 33-41. ISSN 0235-3482.

2) Директор Л.Б., Иванин О.А., Майков И.Л. Динамическая модель накопителя тепловой энергии // Тепловые процессы в технике. 2013. №3. С. 113-118. ISSN 2074-2649.

3) Директор Л.Б., Зайченко В.М., Майков И.Л., Иванин О.А. Анализ схем энергетических комплексов малой распределенной энергетики // Промышленная энергетика. 2014. №2. С. 41-46.

4) Директор Л.Б., Иванин О.А. Об использовании электрокотлов в энергетических комплексах малой энергетики // Промышленная энергетика. 2014. №12. С. 23-27.

5) Ivanin O.A., Director L.B. The solution of the optimization problem of small energy complexes using linear programming methods // Journal of Physics: Conference Series, volume 774, 2016. Doi: 10.1088/1742-6596/774/1/012046.

6) Ivanin O.A. Simulation of short-term electric load using an artificial neural network J. Phys.: Conf. Ser. 946 012038, 2018. Doi: 10.1088/1742-6596/946/1/012038.

7) Иванин О.А., Директор Л.Б. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования энергетических нагрузок обособленных потребителей // Теплоэнергетика. 2018. №5. С. 17-26.

Получено два **свидетельства о регистрации программ для ЭВМ**, разработанных в рамках диссертационного исследования при непосредственном участии Иванина О.А.:

1) Директор Л.Б., Иванин О.А., Майков И.Л. «Программа преобразования, обработки и визуализации режимных параметров автономных энергетических комплексов в режиме реального времени». Свидетельства о государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ Российской Федерации №2012616045 от 2 июля 2012 г.

2) Иванин О.А. «Программа моделирования графиков электрических нагрузок обособленных потребителей». Свидетельство о государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ Российской Федерации №2018611313 от 1 февраля 2018 г.

На автореферат **поступили отзывы:**

Д.т.н. **Рябов Г.А.**, заведующий лабораторией специальных котлов **ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»)** (ул. Автозаводская, д. 14, Москва, 115280) – отзыв положительный, с замечаниями:

1. Автор относит установки на ВИЭ к установкам 3 типа (стр. 9 автореферата). Вместе с тем более 50% таких установок – это установки с сжиганием и газификацией биомассы, относящиеся к типу 1.

2. Предлагаемый автором метод оптимизации не учитывает требований к надежности энергоснабжения и необходимость обеспечения резервирования генерирующих мощностей.

3. Расчеты и эксперименты проведены только для вариантов с газопоршневыми машинами и баками-аккумуляторами. Не рассмотрены другие типы установок. Представляет интерес сравнение разных технологических решений для одного и того же объекта.

Д.т.н. **Бабаев Б.Д.**, профессор кафедры «Возобновляемых источников энергии» **ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»** (ул. Гаджиева, д. 43-а. Махачкала, 367000) – отзыв положительный, с замечаниями:

1. В рамках предлагаемой методики для установок с выраженной зависимостью КПД от мгновенной мощности может быть определен оптимальный режим работы, но не оптимальная установленная мощность (с. 9). Следовательно, при проектировании энергетического комплекса на базе таких установок они должны быть предварительно выбраны каким-то другим методом, однако никаких алгоритмов подбора в работе не предложено.
2. При описании исходных данных одного из расчетов (с. 9) указывается, что годовые графики нагрузок моделировались по 4 характерным дням. Однако, такой подход к моделированию нагрузок означает, что из расчета будут исключены периоды, соответствующие максимальному уровню нагрузок, на который проектируемый энергетический комплекс также должен быть рассчитан.

К.т.н. **Чернявский А.А.**, главный специалист по экономике и возобновляемым источникам энергии филиала «ЭНЕРГО-ЮГ» (ООО) «Ростовтеплоэлектропроект» (Буденновский проспект, д. 2, Ростов-на-Дону, 344002) – отзыв положительный, с замечаниями:

1. Описанная в работе методика не учитывает необходимость резервирования генерирующих мощностей и необходимость обеспечения заданного уровня надежности энергоснабжения.
2. В описании главы 3 (с. 15) указано, что обучающая выборка для нейронной сети была составлена из 26 графиков нагрузок населенных пунктов, что явно недостаточно для полноценного обучения нейронной сети.

Д.т.н., профессор **Соколов А.К.**, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» **ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»** (ул. Рабфаковская, д. 34 Иваново, 153003) – отзыв положительный, с замечаниями:

1. В автореферате не четко описаны ограничения при постановке задачи оптимизации. Например, сумма мощностей установок на j -м временном интервале должна соответствовать сумме мощностей потребителей, при этом номинальные мощности большинства установок нормированы, а мощности ветрогенераторов и фотоэлектрических преобразователей зависят от природных условий (и не нормируются).
2. Не показано, каким образом учитываются линейные ограничения симплекс-метода и насколько учет ограничений снижает эффект оптимизации.
3. Графики нагрузок моделировались по 4 характерным дням. Почему в целевую функцию не включались затраты за весь расчетный период времени?

К.т.н., доцент **Захаров В.М.**, профессор кафедры «Промышленной теплоэнергетики» **ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»** (ул. Рабфаковская, д. 34 Иваново, 153003) – отзыв положительный, с замечаниями:

1. В работе приводится всего два примера расчетов, на основании которых трудно судить об эффективности предлагаемой методики для других регионов России. Отсутствует сравнение предлагаемой методики с другими методами оптимизации энергетических комплексов.
2. В главе 3 отсутствует сравнение полученных результатов с другими методиками моделирования нагрузок, перечисленными в начале главы. Таким образом, затруднительно сделать выводы о преимуществе предлагаемого метода.
3. В главе 4 отсутствуют данные о погрешностях измерительных приборов, а также о методике обработки экспериментальных данных с учетом требований математической статистики. Эта информация была бы полезна при сравнении данных математического моделирования и физического эксперимента.

К.т.н. **Карамов Д.Н.**, научный сотрудник лаборатории исследования энергетических установок отдела теплосиловых систем **ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук»** (ул. Лермонтова, д. 130, г. Иркутск, 664033) – отзыв положительный, с замечаниями:

1. Отсутствует пояснение о методах подбора вариантов оборудования, для которого может быть оптимизирован режим работы, но не установленная мощность.
2. В примерах расчетов не учтена стоимость подключения к сетям централизованного энергоснабжения, которая составляет часть капитальных затрат.
3. В главе 3 представлены методы моделирования суточных графиков электрических нагрузок, однако, с учетом горизонта расчета в 1 год, не вполне понятно, можно ли использовать предлагаемый метод для моделирования годовых графиков нагрузок.

Д.т.н. **Гурьянов А.И.**, доцент, декан факультета авиадвигателестроения **ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева»** (152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д.53) – отзыв положительный с замечаниями:

1. Предложенный способ линеаризации характеристики установки на базе ДВС, согласно материалам автореферата, подходит для дизельной установки. Не ясно, подходит ли он для газопоршневых или газотурбинных двигателей.
2. В автореферате нет расшифровки обозначений схемы, указанной на рисунке 6. Возможно, она есть в тексте диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что: Д.т.н., профессор **Соснина Елена Николаевна** является крупным специалистом в области электроэнергетики. В сферу ее научных интересов входит математическое моделирование энергетических комплексов (с установками на традиционных видах топлива и на возобновляемых источниках энергии), повышение эффективности энергокомплексов малой распределенной энергетики, проблема выбора энергетического оборудования. Основные публикации Сосниной Е.Н., связанные с тематикой диссертационной работы Иванина О.А.:

1. Соснина Е.Н., Шалухо А.В., Липужин И.А., Кечкин А.Ю., Ворошилов А.А. Повышение эффективности децентрализованных систем электроснабжения // Труды НГТУ, 2018. №3.
2. Соснина Е.Н., Шалухо А.В. Вопросы эффективного использования возобновляемых источников энергии в локальной системе электроснабжения // Электрические станции, 2012. №9. С. 13-16.
3. Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Головкин Н.Н. Экологическая и экономическая оценка использования мини-ТЭЦ, работающих на природном газе и биогазе // Экология и промышленность России. 2014. №7. С. 44-47.
4. Соснина Е.Н., Филатов Д.А. Выбор энергоустановок на ВИЭ для электроснабжения сельскохозяйственных предприятий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №4. С. 156-159.

К.т.н., доцент **Яворовский Юрий Викторович** является заведующим кафедрой «Промышленных теплоэнергетических систем» НИУ МЭИ, научная деятельность кафедры непосредственно связана с решением задач повышения эффективности разнообразных систем энергоснабжения. Последние работы Яворовского Ю.В. посвящены таким проблемам как оценка эффективности систем автономного энергоснабжения, математическое моделирование энергосистем и энергетических установок.

Основные публикации Яворовского Ю.В., непосредственно связанные с темой диссертационной работы Иванина О.А.:

1. Яворовский Ю.В., Лихаева А.Ю. Анализ различных вариантов автономного теплоснабжения жилого дома // Энергетические системы: сб. трудов II Международной науч.-техн. Конференции. Белгород: изд-во БГТУ, 2017. С. 478-485.
2. Хромченков В.Г., Шютс У., Яворовский Ю.В., Жигулина Е.В., Гашо Е.Г., Султангузин И.А., Андрейцева К.С., Войтович Е.В., Зайцев С.В. К вопросу системной оценки

эффективности энергосберегающих мероприятий в системах теплоснабжения городов // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. 2017. №2. С. 281-286.

3. Volkov A.V., Yavorovsky I.V., Malenkov A.S., Shelginsky A.I., Zhigulina E.V. Absorbtion heat exchanger: energy and exergy analysis // International Journal of Civil Engineering and Technology. Vol. 8, Issue 10, 2017, pp. 1466-1480.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» – является одним из широко известных институтов России в области энергетики. В ВУЗе ведутся исследования, посвященные проблемам развития малой распределенной энергетики, моделированию энергетических систем, применению искусственных нейронных сетей при решении прикладных задач энергетики.

Основные публикации сотрудников ФГБОУ ВО КГЭУ, близкие к тематике диссертации:

1. Yu.V. Vankov, Sh.G. Ziganshin, E.V. Izmailova, T.O. Politova. Methods check the piping using a neural network // IOP Publishing, Conf. Series: Materials Science and Engineering 86 (2015) 012037. Doi: 10.1088/1757-899X/86/1/012037.

2. Р.Н. Валиев, Ш.Г. Зиганшин, Ю.В. Ваньков, Р.Р. Гарипов. Повышение эффективности парогазовой установки с котлом-утилизатором за счет включения в схему абсорбционного преобразователя теплоты // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. №11-12.

3. Дмитриев А.В., Шарафутдинов Р.Р., Кулимин С.В.. Исследование двигателя внутреннего сгорания совместно с паротурбинной установкой // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т.16. №12. С. 97-98.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

предложен новый метод оптимизации схем и режимов работы энергетических комплексов малой распределенной энергетики на основе симплексного алгоритма. В отличие от существующих подходов метод позволяет моделировать работу энергетического комплекса с варьируемым набором электро- и теплогенерирующего оборудования и накопителей энергии, а также определять оптимальную конфигурацию комплекса и оптимальные режимные карты работы входящего в него оборудования в соответствии с выбранным критерием оптимизации;

на основе технологии искусственных нейронных сетей **разработан алгоритм** краткосрочного прогнозирования энергетических нагрузок обособленных потребителей, позволяющий прогнозировать графики нагрузок в условиях ограниченности исходной информации о потребителе энергии, при которых традиционные методы прогнозирования неприменимы;

разработана и экспериментально верифицирована математическая модель вертикального жидкостного бака-аккумулятора тепла, которая, благодаря простоте и невысоким требованиям к счетным ресурсам, может быть использована при разработке систем автоматизированного управления комплексами, включающими подобные аккумуляторы;

Полученные результаты могут быть рекомендованы для использования в научно-исследовательских, конструкторских и проектных организациях, занимающихся разработкой схем автономного энергоснабжения, а также модернизацией существующих энергетических комплексов: ОИВТ РАН, ФБГОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», ФБГОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», ОАО «Всероссийский дважды ордена трудового красного знамени теплотехнический научно-исследовательский институт», ООО «Энергоцентрпроект», ООО «ЭНЕРГО-ЮГ» и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

идея диссертационной работы базируется на анализе научно-технической литературы в предметной области исследования, обобщении опыта работы других научных групп, лабораторий и технологических компаний и является шагом вперед в решении задачи оптимизации схем энергетических комплексов малой энергетики;

использованы современные методы оптимизации и математического моделирования;

результаты оптимизационных расчетов, полученные автором, имеют удовлетворительное совпадение с результатами, представленными в других работах по данной тематике;

результаты экспериментов получены на сертифицированном оборудовании.

Личный вклад соискателя составляют:

участие в выборе темы исследования;

проведение обзора существующих публикаций по теме исследования, постановка задач исследования;

участие в проведении экспериментальных исследований;

участие в разработке метода оптимизации схемных решений и режимов работы энергетических комплексов;

разработка метода краткосрочного моделирования нагрузок;

реализация разработанных методов в виде компьютерных программ, проведение расчетов.

Апробация результатов исследования проводилась на 7 научных конференциях, в которых автор принимал личное участие. Основные публикации по теме диссертации подготовлены лично Иваниным О.А.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную для энергетики тему, и соответствует критериям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании от 10.10.2018 г. Диссертационный совет принял решение присудить Иванину О.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 10 докторов наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Диссертационного совета Д 002.110.03
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

Вараксин А.Ю.

Ученый секретарь Диссертационного совета Д 002.110.03
д.т.н.



Директор Л.Б.
10.10.2018 г.