

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 15.02.2013г.

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 электродвигателей 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) Иванов 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 Иванова О.А.:

1) Директор Л.Б., Иванов 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) Иванов 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.

М.П.



Директор Л.Б.

10.10.2018 г.