

**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 11 июня 2019 г. (протокол № 10)

**Защита диссертации Габдерахмановой Татьяны Сергеевны
на соискание ученой степени кандидата технических наук
«Исследование энергетической и экономической эффективности
фотоэлектрических систем микрогенерации в условиях Российской
Федерации»**

Специальность 05.14.01 – энергетические системы и комплексы

Москва– 2019

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 11 июня 2019 г. (протокол № 10)

Диссертационный совет Д 002.110.03 утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 75/нк от 15.02.13г. в составе 25 человек. На заседании присутствуют 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 11 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	Присутствует
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	Отсутствует
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	Присутствует
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	Присутствует
14	Леонов С.Б.	д.ф.-м.н.	01.02.05	Отсутствует
15	Масленников В.М.	д.т.н., проф.	05.14.01	Отсутствует
16	Медин С.А.	д.т.н., проф.	01.02.05	Присутствует
17	Недоспасов А.В.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
18	Поляков А.Ф.	д.т.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
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	Отсутствует
22	Синкевич О.А.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
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	Присутствует

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации научного сотрудника лаборатории 2.1.3.2 – возобновляемых источников энергии Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики (НИЦ-2 ФТПЭ) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) **Габдерахмановой Татьяны Сергеевны** на тему «Исследование энергетической и экономической эффективности фотоэлектрических систем микрогенерации в условиях Российской Федерации». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Диссертация выполнена в лаборатории 2.1.3.2 – возобновляемых источников энергии НИЦ-2 ФТПЭ ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jiht.ru).

Научный руководитель:

Попель Олег Сергеевич – д.т.н., главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Бобыль Александр Васильевич – гражданин РФ, д.ф.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химических свойств полупроводников Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук» (ул. Политехническая, 26, Санкт-Петербург, 194021);

Тягунов Михаил Георгиевич – гражданин РФ, д.т.н., профессор кафедры «Гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии» ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ул. Красноказарменная, д. 14, Москва, 111250).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение науки «Институт энергетических исследований Российской академии наук»
(ул. Нагорная, д.31, корп. 2, Москва, 117186).

На заседании присутствуют официальные оппоненты: д.ф.-м.н., профессор Бобыль А.В. и д.т.н., профессор Тягунов М.Г., научный руководитель Габдерахмановой Т.С. д.т.н., профессор Попель О.С.

СТЕНОГРАММА

Председатель

Есть предложение начать нашу сегодняшнюю работу. Сегодня у нас на повестке дня защита диссертации Габдерахмановой Татьяны Сергеевны на тему «Исследование энергетической и экономической эффективности систем фотоэлектрической микрогенерации в условиях Российской Федерации». Представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 - Энергетические системы и комплексы.

По традиции предоставляю слово ученому секретарю нашего совета, Леониду Бенциановичу, для того, чтобы он доложил содержание всех представленных материалов, необходимых для проведения сегодняшней защиты.

Попель О.С.

Алексей Юрьевич, коль у нас свободные места есть, может, мы оппонентов уважаемых пригласим за стол? Садитесь, ближе вам будет, удобнее, Александр Васильевич!

Председатель

Да, пожалуйста, если есть желание.

Бобыль А.В.

С удовольствием.

Ученый секретарь

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

Председатель

Пожалуйста, вопросы, может быть, у кого-то есть к Леониду Бенциановичу? Так, нет вопросов. Спасибо! Татьяна Сергеевна, вам предоставляется 20 минут для изложения основных положений диссертации, просьба придерживаться регламента.

Габдерахманова Т.С.

(Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Габдерахмановой Т.С. прилагается).

Председатель

Большое спасибо, Татьяна Сергеевна, вы хорошо уложились в отведенное время. Уважаемые члены диссертационного совета, есть возможность задать вопросы.

Тогда первый вопрос я начну. Значит, интересная экспериментальная установка была продемонстрирована, интересные фотографии, да, наполняют жизнь сразу практикой. Вопрос сводится к тому, что, с учетом того, что аккумуляторные батареи тяжелые, как вы можете охарактеризовать свой личный вклад в эту работу по экспериментальной установке?

Габдерахманова Т.С.

На самом деле я начала заниматься этой работой, начала экспериментальные исследования в сентябре 2013 года, а установка была смонтирована, в ее первом варианте, где-то за 10 месяцев до этого. То есть аккумуляторы я, конечно же, не носила, установку не монтировала.

Что касается моего вклада в эту работу, то я занималась полностью аналитикой результатов, получаемых в ходе проведения экспериментов, постановкой задач, которые должны быть решены в этих экспериментах.

Установка была неоднократно модифицирована, то есть, например, после того, как первые аккумуляторные батареи вышли из строя (я показываю этот график, на котором как раз отображена причина в виде разбаланса напряжения), установка была модифицирована. Конечно, мои коллеги помогали сделать именно всю работу, которая связана с наладкой оборудования.

Председатель

Так, пожалуйста, вопросы. Олег Арсеньевич!

Синкевич О.А.

Скажите, пожалуйста, вот модель, про которую вы сказали, это что? Алгебраическая модель?

Габдерахманова Т.С.

Это математическая модель...

Синкевич О.А.

Я понимаю, но какие уравнения? Алгебраические уравнения балансовые там?

Габдерахманова Т.С.

Балансовые уравнения, да. Дифференциальные уравнения в случаях, если в систему входят аккумуляторы электрической энергии. В целом это балансовые уравнения.

Синкевич О.А.

И ещё вопрос. Вот вы сказали про аккумулятор тепла. Это что за аккумулятор тепла, который вы там используете?

Габдерахманова Т.С.

Это обычный бак бытового водонагревателя.

Аминов Р.З.

Скажите, пожалуйста, вот тут у вас есть преобразователи постоянного тока в переменный. Какой КПД этого преобразователя и как он устроен?

Габдерахманова Т.С.

КПД принимала 95%.

Аминов Р.З.

Хорошо, а как он устроен?

Габдерахманова Т.С.

Это инвертор, который имеет внутри трансформатор напряжения.

Аминов Р.З.

Трансформатор напряжения...И синхронизация должен быть с энергосистемой. Как вы будете включаться в энергосистему?

Габдерахманова Т.С.

Ну, вообще, подключение к энергосистеме обеспечивает как раз также инверторное

оборудование.

Аминов Р.З.

Нет, инвертор – это преобразователь. Когда вы от вашей сети хотите войти, у вас должно быть совпадение по фазе и напряжению, иначе разорвет вашу установку сразу. То есть должно быть специальное устройство, синхронизация должна быть, если вы с системой связываетесь. Вообще лучше с ней не связываться.

Синкевич О.А.

У вас на выходе какое напряжение из вашего преобразователя из постоянного в переменный?

Габдерахманова Т.С.

Вы имеете в виду какую систему: которая модельная, физическая?

Синкевич О.А.

Вот у вас стоит здесь на схеме некоторое устройство, которое преобразует постоянное напряжение в переменное и постоянный ток в переменный. Какое напряжение на выходе?

Габдерахманова Т.С.

220 вольт.

Синкевич О.А.

А в сети, в которую вы хотите войти?

Габдерахманова Т.С.

На самом деле, программа, которую я использовала, TRNSYS, позволяет моделировать соединённые с сетью системы не касаясь сети совершенно. То есть я рассматривала установку до момента ее включения во внешнюю сеть. То есть параметры сети никак не фигурировали.

Председатель

Так, пожалуйста, вопросы.

Аминов Р.З.

Ещё можно? Вы не могли бы нам хотя бы ориентировочно назвать уровень удельных капиталовложений на киловатт мощности ваших установок? Мы все знаем: тепловые станции, атомные станции, гидростанция, любые. Сколько долларов на киловатт, или в рублях на киловатт мощности? Конечно, это будет зависеть от региона... Ну, хотя бы ориентировочно.

Габдерахманова Т.С.

Ну, если в системе присутствуют только фотоэлектрические модули, то стоимость где-то принимается около одного доллара за Вт. 1000 долларов за киловатт.

Аминов Р.З.

1000 долларов за киловатт?! Это бесплатно! Сейчас на атомных станциях аж до 5000 долларов за киловатт, и то они выигрывают за счёт низкой стоимости топлива. А у вас топливо не расходуется.

Габдерахманова Т.С.

Да.

Аминов Р.З.

То есть, если 1000 долларов – надо везде внедрять!

Попель О.С.

Но это не так, потому что вы КИУМ должны учитывать, коэффициент использования установленной мощности. Он здесь маленький, до 15%. Поэтому не так все просто.

Аминов Р.З.

Ясно.

И второй вопрос у меня: вы не могли бы открыть экономическую часть вашего доклада? В самой нижней формуле, посмотрите, вы к затратам приплюсовали доходы.

Габдерахманова Т.С.

На самом деле я их просто беру...Наверное, стоило обозначить их с минусом, заменить плюс на минус, конечно. Я учитывала с минусом.

Синкевич О.А.

Вы системные вопросы рассматриваете. Вот в системах сейчас все очень жёстко. Ведь они, например, сегодня на завтра сформировали потребление, а завтра у вас солнышко не вышло, и вы будете платить за это неустойку, потому что вы заключили договор, а выполнить его не смогли. Это очень ущербная штука получается. Кроме того, когда вы отдаете в энергосистему свою электроэнергию (избытки электроэнергии), стоимость этой электроэнергии зависит от времени суток. Хорошо, что солнце активно сейчас в дневное время, прекрасно: оно совпадает с максимумом потребления энергии. Это очень удобно, но в том случае, когда вы не выполняете свои договорные условия, штрафные санкции могут быть очень серьёзные. Вот мне кажется, что система здесь... Недоразвит этот вопрос. Лучше локальные системы рассматривать вот здесь, с генераторами ещё какими-то локальными...Ведь вы с самого начала говорили, что там, где нет энергоснабжения, выгодны ваши установки, а сами это делаете там, где есть энергоснабжение.

Габдерахманова Т.С.

Ну, по порядку ответу на ваши вопросы. Здесь я рассматриваю системы микрогенерации небольшой мощности, и для них не действуют те правила, о которых вы говорите, то есть нет никаких неустоек (не предполагается, по крайней мере), никаких штрафов, если вы не выдаете энергию в сеть. Эти правила действуют для сетевых систем, крупномасштабных; здесь я рассматриваю совершенно другие системы. Что касается того, что я вижу их перспективность применения на децентрализованных территориях, то я предполагаю, что на этих децентрализованных территориях есть локальные сети, где действуют правила такие же точно, как и для централизованной сети. Для потребителей. Потребитель, грубо говоря, не замечает разницы, он всё равно питается от какой-то локальной сети и для него есть определенные тарифы.

Аминов Р.З.

И последнее, если можно: вот, за рубежом, зарубежный опыт использования возобновляемых источников – Германия очень сильно развивает направление. Почему? Потому что они половину стоимости электроэнергии компенсируют из бюджета; иначе это все не проходит экономически. И это делают ради того, чтобы уменьшить зависимость от российского газа. Это политический момент, не экономический. С точки зрения экономики перспектив очень мало развития сегодня в России.

Габдрахманова Т.С.

Перспективность зависит от того, какие все-таки в конечном итоге будут приняты тарифные условия, потому что те условия, о которых я сейчас говорю, они все еще находятся на рассмотрении. В конечном итоге, возможно, они останутся, возможно, что-то ещё добавится. Но на самом деле в ряде стран действует такой механизм стимулирования развития микрогенерации как «сетевой учет», который позволяет локальному генератору, владельцу системы регенерации, выдавать энергию сеть не получая за это плату здесь и сейчас, но по итогам, допустим, какого-то длительного периода, например, года, происходит взаиморасчет потребителя с сетью, и всю ту энергию, которую потребитель потребил из сети, только ту энергию он и оплачивает, то есть вычитается из всего объема потребления из сети количество энергии, которое было выдано в сеть. Вот этот механизм считается наиболее предпочтительным и действительно очень эффективен. В ряде стран Западной Европы он применяется. Вот если бы именно такое механизм каким-то образом у нас появился – было бы достаточно эффективно это все. В Германии – да, действительно, очень хорошие меры стимулирования (были, по крайней мере). Сейчас они уже сокращаются. Но изначально был очень высокий зеленый тариф, величина которого была такая, чтобы компенсировать владельцу системы микрогенерации все его затраты на двадцатилетнем промежутке времени.

Председатель

Так.

Синкевич О.А.

Можно?

Председатель

Давайте, Олег Арсеньевич.

Синкевич О.А.

Скажите, пожалуйста, вот эти солнечные батареи...Что это за батареи? Кто их производит? Есть ли производство в России? Сколько они стоят? Без этого всё остальное большого смысла не имеет. Кто производит, кто будет производить?

Габдрахманова Т.С.

Ну, производителей рынок очень большой, и в последние годы и у нас в России появился ряд производителей, которые активно...

Синкевич О.А.

Что вы имеете в виду? Назовите.

Габдрахманова Т.С.

Какие компании? Например, «Хэвел» очень высоких уже масштабов производства достиг. В Чебоксарах.

Попель О.С.

До 170 мегаватт в год выпускает он.

Габдрахманова Т.С.

«Телеком СТВ», я знаю, в Зеленограде которые, также занимается производством. Но на самом деле ряд производств есть... на самом деле ряд есть компаний, которые

благодаря требованиям по локализации в последние годы очень активно этим занимаются.

Синкевич О.А.

И готовы поставлять?

Габдерахманова Т.С.

Да.

Председатель

Так, ещё, пожалуйста, вопрос.

Красильников А.В.

У меня такой вопрос: вот микрогенерация – это там, где, как говорится, отдаленные районы, куда электричество не поступает высоковольтное, так сказать, и так далее. Но вот есть еще альтернативная электрогенерация: ветряная, допустим, приливные, ГЭС. Вот какие-то сравнения такие (преимущества тех или иных, недостатки) проводились? И рассматривалось совместное, интегральное использование вот этих микроспособов производства энергии?

Габдерахманова Т.С.

На данный момент – нет, я не проводила таких сравнений. Правила, которые сейчас предлагаются к введению относительно микрогенерации, допускают использование ветряных турбин также (помимо фотоэлектрических модулей). Можно рассмотреть также их эффективность. Но на самом деле я руководствовалась тем, что у нас солнечный ресурс доступен практически везде на территории страны (в той или иной мере). Конечно, есть случай применения ветряных турбин таких небольших, 5 кВт, допустим, но чтобы это повсеместно применялось... Это создает ряд проблем, мне кажется...

Красильников А.В.

А микроГЭС, допустим? Обычно люди живут вдоль рек каких-то, поэтому использовать энергетические возможности «сам Бог велел».

Попель О.С.

По удельным затратам микроГЭС сейчас, к сожалению, сильно стали уступать фотоэнергетике. МикроГЭС малой мощности (на несколько киловатт)... Их удельная стоимость – на уровне 3000-5000 долларов за киловатт.

Красильников А.В.

Вот это я и хотел услышать.

Ученый секретарь

Татьяна, у меня два вопроса, но они связаны. Вам известны какие-нибудь проекты по микрогенерации (ваша схема), чтобы они хоть где-нибудь на территории России были реализованы? С выдачей в сеть, имею виду. Понятно, что установок полно.

И второй вопрос: вот когда вы оценивали экономические всякие показатели, вы стоимость оборудования для синхронизации с сетью учитывали или нет? Потому что это дорогостоящее сложное оборудование (честно говоря, может быть соизмеримо со стоимостью вашей установки). Я к чему этот вопрос задаю: у нас были попытки запустить установку с работой параллельно с сетью, вот, на обсерватории астрофизической. У нас мощности были другие – на уровне 150-200 кВт (установка сама) электрическая, плюс тепловая, и, в общем, нам не удалось в итоге в сеть войти.

Габдерахманова Т.С.

А это было недавно? То есть уже после введения...

Ученый секретарь

Ну, как недавно... лет 5-6 назад. Ну лучше первый вопрос, потому что у вас мощности относительно небольшие, и у меня поэтому вопрос вот такой возник. Потому что я что-то вот слабо верю...

Габдерахманова Т.С.

Я знаю об одном случае владения фотоэлектрической системой микрогенерации с выдачей излишков в сеть: в Калининграде такой случай реализован, такая система реализована. Но экономики никакой не знаю по этой системе.

Капитальные затраты на устройство синхронизации я не учитываю расчете.

Синкевич О.А.

Можно ещё?

Председатель

Вот Лев Николаевич тогда, потому что он ни разу еще не задавал.

Пятницкий Л.Н.

У меня вот какое соображение: лет 60 тому назад принимались очень эффективные, интенсивные меры для того, чтобы внедрить солнечную, так называемую, энергетику. Ну, имеется ввиду фотоэлектрическую. Чем кончилось дело: стали стричь овец в Казахстане и дальше не пошло. Ну, космос, конечно, сильно подыграл в этом смысле. Там проблема такая, что администрация не останавливается ни перед какими затратами перед внедрением. Ну, какие две причины были: первая – где хранить энергию? Причем, её хранить нужно не только ночью, но и в непогоду и всякие другие периоды. Вторая – что делать с пылью? Потому что там, где много солнца, там много пыли. Она, оказывается, очень снижает эффективность работы энергосистемы. Какие сейчас есть тенденции в решении этих двух вопросов?

Габдерахманова Т.С.

Ну, вопрос с аккумулярованием электрогенерации и ее хранением на какие-то длительные периоды времени сейчас, конечно, очень актуален.

Пятницкий Л.Н.

Всё ещё актуален?

Габдерахманова Т.С.

Да, конечно. Наиболее, наверное, перспективным решением в этом плане является...Перспективной технологией являются литий-ионные аккумуляторы.

Пятницкий Л.Н.

Ну, аккумуляторы это, по-моему, не дело.

Габдерахманова Т.С.

Пока, по крайней мере, для бытового применения, для хранения энергии, вырабатываемой небольшими системами, наиболее применимы именно такие решения на основе электрохимических технологий накопления энергии. А что касается борьбы с пылью – на самом деле на крупных сетевых станциях осуществляется обслуживание

фотоэлектрических панелей, с какой-то регулярностью они очищаются.

Пятницкий Л.Н.

Это ведь большое поле.

Габдерахманова Т.С.

Ну, конечно. Конечно, есть специальные машины. Либо машинами, либо при помощи ручных приборов это делается.

Пятницкий Л.Н.

Это что, сдувается? Сдувает пыль?

Габдерахманова Т.С.

Нет, смывают напором воды.

Председатель

Так, Олег Арсеньевич, пожалуйста.

Синкевич О.А.

Скажите, пожалуйста, вот всё-таки, послушав вас, я вспомнил, что в восьмидесятых годах мне пришлось читать курс «Новые и возобновляемые источники энергии», где все эти сравнения были. Снова складывается впечатление, что самое удобное – это то, что сейчас во всех странах Европы делается: просто нагреватель тёплой воды и аккумуляторы, без всяких вот этих ухищрений. На каждом доме стоит, едете вы в Грецию, в Италию, в Турцию... Единственное, что у нас ещё этого нет. Но это же более простое... Казалось бы, многие проблемы мы могли решать...

Габдерахманова Т.С.

Вы имеете в виду водонагревательную установку солнечную?

Синкевич О.А.

Конечно, Солнечная водонагревательная, простая, без этих самых дорогостоящих фотоэлементов.

Габдерахманова Т.С.

Как устройство для теплоснабжения она, безусловно, имеет место быть. Я в своей работе решала проблему обеспечения электроэнергией.

Председатель

Так, ну что, может быть, достаточно? Пойдём дальше?

Слово предоставляется научному руководителю, доктору технических наук, Попелю Олегу Сергеевичу, Объединенный институт высоких температур.

Попель О.С.

Вы слышали, так сказать, краткую биографию Татьяны Сергеевны. Значит, она закончила Волгоградский университет, с отличием закончила, и надо сказать, что с пятого курса вот заинтересовалась возобновляемой энергетикой и ездила регулярно на целый ряд, так сказать, молодёжных школ, которые с Софьей Валентиновной Киселёвой мы раз в два года проводим для молодых специалистов. Ну, и обратила на себя внимание своим интересом, своим, так сказать, уровнем понимания проблемы, и мы согласились взять Татьяну Сергеевну в аспирантуру. Она поступила в аспирантуру, активно занималась

разными вопросами, в том числе, как вы слышали, что немножко для девушки, достаточно хрупкой такой... На самом деле вид хрупкой такой – он обманчив, потому что Татьяна – очень энергичная; надо сказать, это во многом проявилось не только в проведении экспериментальных исследований, но и в настойчивости, с которой она овладевала современными методами динамического моделирования. Это не такая простая штука, это не алгебраические уравнения, это довольно, так сказать, серьёзная вещь, эти модели. Надо отметить также то, что Татьяна проявила инициативу и захотела поехать за рубеж, и вот год она, выиграв соответствующий грант в Минобрнауки и датском правительстве, она год успешно проработала в Дании, в датском университете, который занимается возобновляемой энергетикой. Ну и, к нашему удовольствию, не осталась там, хотя могла бы и остаться, задержаться там, вернулась к нам и продолжила эту работу. И вот, за время обучения в аспирантуре с перерывом на зарубежную командировку, она проявляла себя вполне квалифицированным молодым специалистом, исследователем, который в состоянии выполнять не только экспериментальную работу, но и вести активно расчетно-теоретические исследования. Поэтому характеристика с этой точки зрения – самая положительная.

Если позволите (я не должен говорить о работе, и я о работе ничего говорить не буду), но вот здесь очень важный спор, разговор зашёл о возобновляемых источниках энергии. Хочу сказать, что ситуация в области возобновляемой энергетики меняется очень и очень быстро, и ссылки на 80-е годы – они, может быть, в какой-то степени правомерные, но это, так сказать, очень устаревшая вещь. Значит, стоимость фотоэлектрических преобразователей до того быстро снижается, так сказать, что сегодня себестоимость производства электроэнергии фотопреобразователя... На самом деле рыночная стоимость самых дешевых, но, так сказать, эффективных преобразователей сегодня достигает где-то 0,3 доллара за пиковый ватт, то есть 300 долларов за ватт, правда, за пиковый. Конечно, когда мы говорим о системе, система удорожает, поскольку преобразователи составляют примерно третью часть от стоимости. Поэтому стоимость вырастает до 1000 долларов. Тысяча долларов – это, всё-таки, не так мало, поскольку, в отличие от атомных станций, которые вы приводили, у которых КИУМ 85% (времени они работают на номинальной мощности), а у солнечной установки, к сожалению, из-за дня, ночи и всего прочего, коэффициент использования установленной мощности – всего 15, а в лучшем случае – 20%. Поэтому стоит проблема дальнейшего снижения их стоимости, чтобы они стали экономически эффективными.

Другая проблема: конечно, вы правы, для нашей страны с относительно низкими тарифами на энергию возобновляемая энергетика пока не очень смотрится, и, конечно, экономисты, которые умеют считать деньги, говорят, что для страны это дорого. Но надо отдать должное нашему правительству, Минэнерго, за то, что было принято принципиальное решение развивать возобновляемую энергетику для того, чтобы не сегодня решать энергетические проблемы замещения топлива, а с тем, чтобы, учитывая вот эти тенденции быстрого снижения стоимости и повышения эффективности, быть технологически готовыми и не оказаться зависимыми от зарубежных технологий через 5-10 лет, когда это, очевидно, станет конкурентоспособным. Значит, поэтому основные дотации государства, в общем, были брошены на сетевые станции, о которых мы говорили, и сейчас у нас в стране построено больше 30 станций мощностью по 25 МВт, и 1.5 ГВт должно быть до 2022 года (уже конкурсы все разыграны, так сказать), 1.5 ГВт солнечных фотоэлектрических станций на территории России должно быть введено. В России создана промышленность фотоэлектрическая: запущен уникальный завод в Новочебоксарске, который производит фотоэлектрические модули по НИТ-технологии (вот, Александр Васильевич здесь присутствует, один из разработчиков этой технологии из Физико-технического института), которые уже сейчас превосходят зарубежные аналоги по своим КПД (22%) и резко улучшают технико-экономические показатели. Сегодня один новочебоксарский завод выпускает 170 МВт фотоэлектрических модулей в год. Ну,

позвольте мне, потому что ученый совет, всё-таки, достаточно часто проблемы возобновляемой энергетики рассматривает, и это важно знать. Но это очень дотируемая вещь, да, сетевые станции. Компании, которые участвуют в этих конкурсах, очень хорошие платежи получают, потому что им гарантирован за 15 лет возврат капиталовложений за счёт государственного бюджета и так далее. Но это делается исключительно для того, чтобы создать научно-технологическую базу для будущего.

Значит, сегодня (вы слышали, что Татьяна сказала), в Европе больше 50% энергии вырабатывается на маленьких, «накрышных» фактически, установках. Но там есть соответствующее регулирование, «feed-in» тарифы, так сказать, и там всё это очень стимулируется. Хотя сейчас в Германии в той же самой, о которой вы упоминали, уже вот эти доплаты государства фактически приблизились к нулю; это все вышло уже на самоокупаемость, понимаете? В России, конечно, эти системы пока очень и очень дорогие. Кстати, вы спрашивали про то, есть ли установки... По-моему, Олег Арсеньевич, вы спрашивали. У нас невозможно сейчас создать такую систему. Почему? Потому что правила технического регулирования... У нас сетевые компании запрещают субъектам микрогенерации сбрасывать энергию в сеть, и поэтому сейчас разрабатывается законодательство. И нет оборудования, которое обеспечивало бы это взаимодействие с сетью. Поэтому именно сейчас разрабатываются нормативные и законодательные акты, которые обеспечивают такую возможность. Но, опять же, на перспективу, нужно рассмотреть, насколько это может быть интересно. Понимаете, многие компании заинтересованы в том, чтобы перейти на этот розничный рынок, но хотят понять, если вообще зоны в России... Поэтому задача – хотя бы нащупать точки на территории России, где это могло бы быть эффективно, и поэтому вот, хотя бы по упрощенной экономической модели, Татьяне удалось показать, что уже в сегодняшних условиях есть объекты, где они могут быть привлекательными для потребителя.

Председатель

Уважаемые коллеги! Чтобы нам не растягивать заседание сегодняшнее, слово предоставляется ученому секретарю для оглашения заключения организации, где выполнялась диссертация (это Объединенный институт высоких температур), а также отзыва ведущей организации, Института энергетических исследований Российской академии наук, и других письменных отзывов, поступивших на автореферат диссертации.

Ученый секретарь

Так, заключение Объединенного института высоких температур сделано на основании Протокола заседания межотдельского семинара, подготовлено Попелем Олегом Сергеевичем, утверждено доцентом Гавриковым Андреем Владимировичем. Заключение: краткое содержание работы...результаты, составляющие научную новизну работы, получены автором лично. Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым Минобрнауки России к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертация Габдерахмановой Татьяны Сергеевны рекомендуется в защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Энергетические системы и комплексы».

Теперь заключение ведущей организации: (ведущая организация – Институт энергетических исследований Российской академии наук) подготовлено Дильман Мариной Давидовной, ведущим научным сотрудником отдела взаимосвязи энергетики с экономикой, и утверждено академиком Сергеем Петровичем Филипповым. В отзыве достаточно подробно излагается содержание глав диссертации, отмечается актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, личный вклад автора,

отмечается пробация работы.

Замечания:

(Первое замечание) Первое: постановка задачи экономического сопоставления вариантов, из-за деления по а) ценовым зонам и б) включению /невключению теплогенерации в состав эффектов, выглядит разрозненной. Полагаем, что для решаемых задач можно было бы сформулировать общую математическую постановку задачи с последующей ее декомпозицией в зависимости от внешних условий и технических решений.

(Второе замечание) Второе замечание: наряду с принятым автором критерием экономической эффективности – средней за 20 лет стоимости потребляемой просьюмером электроэнергии – было бы целесообразно использовать такие общепринятые показатели эконом эффективности как ЧДД (дисконтированный доход), LCOE, срок окупаемости. Это дало бы возможность сопоставлять экономическую эффективность рассматриваемых решений с другими вариантами централизованной и распределенной генерации, например, на основе ветровой генерации и т.п.

(Третье замечание) Третье: замечание – по предоставлению результатов: приведение выработки к 1 МВт·ч вместо 1 кВт расчетной электрической нагрузки потребителя, на наш взгляд, затрудняет практическое использование построенных диаграмм влияния параметров систем и характера электропотребления. Во-первых, по оси абсцисс вместо безразмерной относительной мощности ФЭМ (кВт_{пик}/кВт) (рисунок 3.14, 3.15), имеющей понятную физическую интерпретацию, мы видим параметр с размерностью ч⁻¹ (кВт_{пик}/МВт·ч). Во-вторых, годовое электропотребление непостоянно в многолетнем разрезе, поскольку зависит от случайных факторов, включая метеорологические. В отличие от годового электропотребления, расчетную электрическую нагрузку можно считать величиной детерминированной.

Здесь же отметим, что термин «суммарная годовая электрическая нагрузка», который вводится в разделе 3.3, предоставляется некорректным, по сути изложенного это среднегодовая выработка электроэнергии.

(Четвертое замечание) Четвертое замечание: в разделе 4 расчетный срок службы накопителя электрической энергии на базе свинцово-кислотных аккумуляторов, принятый равным 10 годам, представляется чрезмерно оптимистичным. Ежегодные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание ФЭМ и накопителей, принятые на уровне 1.5% от инвестиционных затрат, также представляются излишне оптимистичными, особенно для регионов со снежными зимами.

В методике оценки эффективности микрогенерации не учтена деградация ФЭМ за срок службы; имеющее место снижение КПД солнечных панелей на 0.5-1% в год при принятом жизненном цикле проекта, равном 20 годам, является существенным фактором. В связи с этим полагаем, что полученные результаты экономической эффективности микрогенерации следует рассматривать как достаточно оптимистичные, так называемая «оценка сверху». Для понимания устойчивости полученных результатов представляют интерес также «оценки снизу». Делались ли автором такие расчеты?

(Пятое замечание) И последнее, пятое: разработанная методика и полученные результаты эффективности микрогенерации на базе ФЭС для разных регионов позволяют сделать оценки а) потенциала их экономически эффективного использования в РФ и б) спроса на соответствующее оборудование. Включение в диссертационную работу таких оценок, хотя бы укрупненных, существенно усилило бы практическую значимость выполненных исследований.

И общее заключение: диссертация Габдерахмановой Татьяны Сергеевны представляет собой законченную научную квалификационную работу и соответствует всем критериям, установленным пунктом 9 Положения о порядке присуждения ученых

степеней, а автор заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности «Энергетические системы и комплексы».

Так, теперь замечания из отзывов на автореферат.

(Первый отзыв) Первый – доктор технических наук, профессор Белов, главный научный сотрудник ООО НПП «Донские технологии»:

- 1) Считаю, что «Проведены длительные натурные испытания...» (стр. 4) нельзя назвать научной новизной работы;
- 2) Графики рисунков 7 и 8 представлены не в традиционном виде и трудны для восприятия.

(Второй отзыв) Следующий отзыв – от доктора технических наук, профессора Ефимова Николая Николаевича, Университет имени М.И. Платова:

1. Мне кажется, неудачно сформировано название работы, поскольку «Исследование...» это рабочий процесс, проводимый при работе над темой. Лучше было бы «Метод оценки энергетической и...».
2. На графике рисунка 2 не указана размерность величин по оси ординат.

(Третий отзыв) Отзыв кандидата экономических наук Шуткина, ООО «Авелар Солар Технолоджи»:

На рис. 3 автореферата приведены некоторые усредненные результаты длительных экспериментальных исследований фотоэлектрической установки, при этом не ясно, какому периоду соответствуют эти данные, а также каким образом / опираясь на какие источники / используя какие методики осуществлялось «частичное восстановление» данных о месячной производительности за некоторые месяцы года, обозначенные знаком *.

(Четвертый отзыв) Отзыв доктора наук, профессора Сосниной Елены Николаевны и кандидата Шалухо Андрея Владимировича, Технический университет имени Р.Е. Алексева, Нижний Новгород:

1. В автореферате следовало бы указать отечественных и зарубежных исследователей, занимающихся вопросами энергетической и экономической эффективности фотоэлектрических станций.
2. Автором проведены экспериментальные исследования накопителя электрической энергии на основе гелиевых свинцово-кислотных аккумуляторов и определены риски обеспечения питания потребителя. Из автореферата не ясно, будут ли наблюдаться установленные особенности работы накопителя (несимметричность заряда) при использовании других типов аккумуляторов и контроллера заряда.

(Пятый отзыв) И последний отзыв – от кандидата наук, Голодницкого Андрея Евгеньевича, АО «Группа компаний ИнЭнерджи». Одно замечание:

Еще большую практическую ценность работа могла приобрести, если бы диссертант не ограничился моделированием совместной работы ФЭС с сетью и накопителями, а рассмотрела бы совместную работу ФЭС в изолированном и островном режимах с другими ВИЭ и новыми видами активно развивающегося генерирующего

оборудования – ветровыми электростанциями, энергоустановками с топливными элементами.

Председатель

Татьяна Сергеевна, вам предоставляется слово для краткого ответа на замечания, поступившие в письменной форме.

Габдрахманова Т.С.

Я буду последовательно отвечать; сначала – на замечания ведущей организации.

(Первое замечание) Первое замечание касалось того, что нужно было сформулировать математическую постановку задачи. Я частично соглашусь с этим замечанием. Наверное, так математически правильнее было бы, логичнее.

(Второе замечание) Второе замечание – по поводу того, что нужно было, помимо энергетической эффективности, посчитать другие показатели. Я согласна с тем, что нормированная стоимость электроэнергии, LCOE, является стандартной величиной, которую в этих случаях рассчитывают, можно было её посчитать, но введенный мной показатель как раз позволяет более доступно потребителю понять, существует ли экономическая привлекательность микрогенерации. Срок окупаемости у меня считается косвенно, то есть если соблюдается условие экономической эффективности, которое я взяла, то срок окупаемости этой станции равен или меньше 20 годам.

(Третье замечание) Замечание по поводу предоставления результатов: я согласна с тем, что, возможно, результаты были бы более репрезентативными, если бы я использовала нормирование на киловатт, а не на суммарно потребленное количество электроэнергии, но я основывалась на данных, которые были получены в ходе анализа литературных источников, и там был использован именно такой подход.

Замечание по поводу терминологии: в формуле фигурирует суммарное годовое электропотребление.

(Четвертое замечание) По поводу расчётного срока службы накопителя электроэнергии: я взяла 10 лет, однако я согласна с тем, что в большинстве случаев он гораздо меньше. Возможно, стоило ещё рассмотреть сценарий со сроком службы 6 лет.

По поводу принятых затрат на уровне полутора процентов от капитальных затрат: я всё-таки думаю, что это нормальная величина.

По поводу того, учитывалась ли деградация модулей – нет, не учитывалась.

(Пятое замечание) По поводу того, чтобы включить в работу хотя бы укрупнённые оценки спроса на соответствующее оборудование в России – действительно, такие оценки были бы полезны и могут быть сделаны, но на данном этапе я их не делала.

Замечания Белова Александра Алексеевича:

(Первое замечание) Я согласна с тем, что в научной новизне не может фигурировать фраза «Проведены длительные испытания...». Здесь имеет место неточность, я имела в виду, что новыми являются результаты испытаний.

(Второе замечание) По поводу нетрадиционного вида графиков на рисунках 7 и 8: я посчитала, что такое отображение является наиболее удобным и позволяет делать анализ

результатов.

Замечание Ефимова Николая Николаевича по поводу того, что не указаны размерности: размерность указана, просто не возле самой оси, а в легенде к этому рисунку.

Замечание Шуткина Олега Игоревича по поводу того, как осуществлялось частичное восстановление данных о месячной производительности фотоэлектрической установки за некоторые месяцы года, обозначенные знаком *: на самом деле зачастую возникала ситуация, когда данные не регистрировались, либо были утеряны за некоторые периоды времени, и восстановление данных происходило следующим образом: брались часовые значения суммарной и прямой солнечной радиации на метеостанции МГУ, которая расположена непосредственно в 200 метрах от экспериментальной установки, и данные пересчитывались на угол наклона фотоэлектрических модулей. Для восстановления данных о производительности брался средний КПД за период предыдущего года или текущего месяца с аналогичным приходом солнечной радиации.

Замечания Сосниной Елены Николаевны:

(Первое замечание) По поводу необходимости указать отечественных и зарубежных исследователей, которые занимаются вопросами, рассматриваемыми в диссертационной работе: я не посчитала нужным включать эту информацию в диссертационную работу.

(Второе замечание) Замечание по поводу того, будет ли наблюдаться установленные особенности работы накопителей при использовании других типов аккумуляторов: на самом деле, ситуация возникновения разбаланса напряжений на аккумуляторах может возникнуть и с другими электрохимическими аккумуляторами, и вероятность возникновения такого эффекта во многом зависит от технологичности производства аккумуляторов, от внутренних характеристик аккумуляторов (внутреннего сопротивления). Также проблема заключается не только в самих аккумуляторах, но и в целом в связке аккумулятора с контроллером заряда и слежения за точкой максимальной мощности, потому что контроллер зачастую измеряет только некоторую среднюю точку.

(Замечание Голодницкого Андрея Эмильевича)

Последнее замечание – по поводу того, того что еще большую практическую ценность приобрела бы работа, если бы были рассмотрены также и другие виды ВИЭ и новые виды технологий: я с этим согласна, в перспективе, возможно, рассмотрю другие технологии. В принципе, программное обеспечение, которым я пользуюсь, позволяет это сделать.

Спасибо!

Председатель

Спасибо, переходим к выступлениям оппонентов. Слово предоставляется официальному оппоненту, доктору физико-математических наук Бобылю Александру Васильевичу, представляющему Физико-технический институт имени Иоффе Российской академии наук.

Бобыль А.В.

Спасибо за то, что пригласили оппонировать. Значит, к тому, что сказал Олег Сергеевич, сложно добавить по поводу перспективности, но я всё-таки попробую. Дело в том, что перспективность (она же актуальность вашей диссертации) связана с объёмом потенциального рынка. Значит, мы берём где-то примерно 3 миллиона домохозяйств на изолированных территориях, умножаем на ваши 15 кВт и получаем установленную

мощность около 5 ГВт. Эта сумма в 3 раза больше, чем то, что сейчас делается по ДПМ. То есть потенциал рынка огромный, особенно в России, где около 10 миллионов (или 20 миллионов) человек живут до сих пор на дровах и не используют никаких достижений цивилизации, связанных с электричеством. Теперь по поводу экономики: экономика должна идти через так называемую «нормированную стоимость электроэнергии, LCOE). Вот у «Хэвел», который ставит станции, LCOE сейчас – около 25 рублей за киловатт-час, а в мире уже есть оформленные контракты, где стоимость киловатт-часа – 5 рублей.

Попель О.С.

Есть и 3 уже, в Арабских Эмиратах.

Бобыль А.В.

Ну, там, как бы, надо искать какие-то компоненты коррупционные, может быть, а то, что идёт своим ходом – оно идёт.

Теперь, значит, возвращаемся к 5 рублям за киловатт-час: надо согласиться с Олегом Сергеевичем, что по расчетам Форсайта и всяких разных там «кейсов», как это принято говорить, ожидается, что стоимость солнечной электроэнергии через 15-20 лет будет около 5 центов, а ветряной – 4 цента, но нужно сказать, что, вообще-то говоря, правильно вы сделали, что не занимались ветром, потому что в России эта стоимость будет актуальна на оффшорах. Действительно, есть офшоры, но там народу нет. Поэтому, в принципе, у нас не очень сильно актуальны в России. В перспективе. В текущем периоде – может быть, но в перспективе вот так ситуация складывается.

Теперь, значит, по поводу этих пяти рублей и автономки (с чем сравнивать): в автономке нужно еще учитывать стоимость хранения, LCOS, поэтому, скажем, если инверторов и контроллеров в 10 раз больше, то стоимость в 10 раз меньше, что и произошло в Германии. Там это не стоит дорого поэтому. Поэтому основная стоимость – это накопление, и здесь, как бы, очень много смешного и печального, потому что многие люди не понимают, что это такое, стоимость накопления, и некоторые фирмы указывают, что они делают аккумуляторы со стоимостью накопления 30 рублей за киловатт-час. Спрашивается, кому нужны такие аккумуляторы, если у нас моторное топливо стоит 1 киловатт-час около 10 рублей, так? Следовательно, значит, если мы рассуждаем об автономках, то нужно разобрать критерий стоимости относительно топлива.

Вспоминаем, что со временем это будет стоить около трех рублей за киловатт-час. Теперь: действительно, без литий-иона не обойтись. Значит, если мы берём самые-самые нормальные, так называемый титанатный аккумулятор (с титанатным анодом), стоимость хранения может тоже опуститься где-то к 3-5 рублям за киловатт-час хранения. То есть в сумме мы получаем уже величину меньшую, чем стоимость использования топлива: около 8-10 рублей за киловатт-час при использовании автономных станций в изолированных районах. Мы можем получить паритет (можем получить), а как раз все проблемы альтернативной энергетики в том, что вот никак не можем достичь этого паритета, поскольку традиционная электроэнергетика (так устроена ее природа) – она...Тариф на неё будет расти, а на возобновляемую – будет падать. Как только мы достигаем паритет, мы мгновенно начинаем быть конкурентными с сетевыми и классическими источниками топлива. Это вот я закончил по поводу актуальности.

Я просто хотел сказать, что вот Татьяна всё сделала правильно, абсолютно правильно. Она сказала, что в ценовых зонах мы не имеем преимуществ. А почему тогда наше государство гонит туда триллионы рублей? Это, как бы, проблемы нашего государства, во-первых. Во-вторых – я должен тут поддержать Олега Сергеевича, который считает, что для того, чтобы иметь технологическую независимость, Россия должна это делать, и дешевле технологическая независимость не будет стоить. Вот она столько стоит, сколько туда гонит денег государство.

Теперь, значит, по поводу мирового опыта (Германии и так далее): значит, там просто... Это известная вещь, что там, где больше альтернативной энергетики и принимаются различные регулирования государственные, повышается тариф. Это ровно то, что хочет сделать Чубайс у нас: он хочет подтянуть тарифы, чтобы сбросить вот эти вот триллионы, чтобы они стали меньше. Вот такая экономика, значит, альтернативной энергетики.

Ну уже непосредственно к своей функции... Значит, введение, описание глав и так далее – все на месте и все хорошо сделано. Научная новизна: значит, согласен с Татьяной, что есть элементы научного поиска и в разработке, и в исследованиях, и вот в этом скрупулезном собирании на местах вот этих «железяк». Мало кто, если вы посмотрите статистику... Работ, которые используют программы, таких работ просто можно на пальцах... Около 5% таких работ, как у Татьяны, из всего потока работ, связанных с расчетами всяких разных альтернативных механизмов, систем. Поэтому все здесь сделано нормально. Дальше.

Значит, у кого есть электротехническое образование – все понимают, что есть борьба с шумами и борьба с дисбалансом. Тут, конечно, тоже Татьяна сделала, что могла и сделала так, как могла, и хорошо сделала, потому что... Почему свинцово-кислотные? А потому, что сейчас 80% рынка аккумуляторов – это свинцово-кислотные аккумуляторы, и никуда пока в ближайшее время от них не деться. Вы все правильно сделали: ровно свинцово-кислотные, хотя там могли вас избить с правильной траектории, но я считаю, что вы сделали правильно.

Теперь: выбор хозяйств, как бы «полигонов» развития возобновляемой энергетики: они перечислены и доказаны. Так. Горячее водоснабжение: да, действительно, там, где есть цивилизация, там должна быть электроэнергия, но там должно быть и где помыться, поэтому это тоже правильная вещь. И хорошо, что вы учли это, потому что многие не рассматривают эту возможность аккумуляирования, этот довольно дешёвый способ.

Практическая значимость: наконец-то, значит, я увидел, что ваша работа может быть основой для принятия государственных решений. Так, апробация... С апробацией все нормально. Теперь к недостаткам. Я перебрал время?

Председатель

Нет, нормально, оппонентов нельзя останавливать.

Бобыль А.В.

Теперь, значит, по поводу использования программ. Я понимаю, что TRNSYS – мощная программа с технической точки зрения, но есть, скажем, HOMER, и он наиболее изощренный с точки зрения экономики. Поэтому, может быть, если бы вы состыковали несколько программ, может быть, тогда не надо было бы придумать вам коэффициенты. Хотя, конечно, и в этом ваша заслуга, что вы сумели как бы выкрутиться из ситуации и использовали свои дополнительные коэффициенты. Так, теперь, значит, по поводу выбора годового потребления 5,5 мегаватт-часов: ну, если бы вы сказали, что существуют проекты социальной нормы, 300 киловатт-часов, мне было бы понятно, что вы там закладываете пол мегаватта, как социальную норму потребления на 1 месяц, а так... Я вот потом уже догадался, что вы имели в виду.

Погрешность измерений... Ну, вот ваш датчик, который стоит... Хочется верить, что он вас не обманет, но я не знаю. По крайней мере вам для того, чтобы все правильно было, просто нужно вашу панель, скажем, таскать раз в год, проверять, что с ней произошло.

Синкевич О.А.

Прибор аттестован должен быть. Аттестованный меряет?

Бобыль А.В.

Вы знаете, к сожалению, это не поможет, потому что там на фотоэффект работают и диффузионная компонента, и прямая компонента, и отраженная компонента, поэтому какой датчик выбрать – совершенно непонятно.

Синкевич О.А.

Они же не могут к вам туда возить, в Физтех?

Бобыль А.В.

Нет, но там есть другие хитрости, как это сделать можно без того, чтобы возить. Я не буду на них останавливаться.

Так, теперь, значит, по поводу линейного характера изменения стоимости оборудования. Вообще линейная зависимость – это вещь довольно коварная, поэтому здесь вот масштабировать... Маленький корабль – потом большой корабль... Тут я увидел некоторые, значит, подвохи в этих линейных аппроксимациях. Это вот такое вот замечание.

Ну, по поводу использования нормированной стоимости электроэнергии: вот если бы было больше этого, мне бы показалось, что ваша аргументация была бы проще, а ваши результаты были бы убедительнее, понимаете? Вот. В целом, значит, диссертант вполне достоин быть кандидатом. Более того, все выводы правильны, я считаю, они просто принципиально правильны. И, как бы, вот эта честность в поиске конкретного вывода, попытки увидеть его в конечном итоге – вот это вот черта, которая присуща Татьяне, я считаю. Вполне заслуживает быть кандидатом.

Я закончил.

Председатель

Спасибо, Александр Васильевич! Может быть, у кого-то возникли вопросы к оппоненту?

Синкевич О.А.

Скажите, пожалуйста, вот вы очень убедительно рассказали про эти элементы по сравнению с Германией. Но, согласитесь, поставить эти элементы в Германии и где-нибудь на Алтае или в Якутии – это совершенно другие масштабы, понимаете? Даже в психологическом смысле.

Бобыль А.В.

Это социальный фактор, но, понимаете, это проблемы государства, России. Мы должны делать такие станции, которые, значит, были бы простые в употреблении и, естественно, вандалозащищенные.

Попель О.С.

Олег Арсеньевич, раньше вот цветники, которые в Москве создают: народ потихонечку по ночам воровал цветочки, так сказать, себе на дачу. Но постепенно меняется менталитет, и молодежь более образованная и такие системы может использовать. А Алтай – хорошая республика.

Председатель

Александр Васильевич, спасибо за обстоятельное выступление. Татьяна Сергеевна, вам предоставляется слово для ответа на прозвучавшие вопросы.

Габдерахманова Т.С.

Спасибо большое, Александр Васильевич!

(Первое замечание) Вопрос по поводу использования, а точнее – обзора различных программных средств для моделирования и выбора среды для моделирования: я соглашусь с вами, что существует ряд программ, которые могли бы быть использованы, в частности, HOMER – действительно очень мощный программный продукт, которым я также владею, но я посчитала нужным именно для решения данной задачи использовать TRNSYS.

(Второе замечание) По поводу аргументации выбранной величины годового электропотребления, которую я приняла, 5,5 мегаватт-час: на самом деле эта величина была получена так: я посчитала просто реальное электропотребление родительского дома в Волгоградской области и эту цифру взяла. Конечно, не просто взяла её только поэтому, а проанализировала источники литературные и увидела, что примерно такую цифру принимают, поэтому приняла именно ее.

(Третье замечание) По поводу точности измерения солнечной радиации: пиранометр, который у нас стоит, заверяют, имеет погрешность $\pm 5\%$. Вот. Ежегодно (помоему, один раз в год) его возит на поверку Софья Валентиновна, этот пиранометр. То есть он соответствует этим вот заявленным характеристикам.

(Четвертое замечание) По поводу того, что не очень правильно использовать линейный характер изменения стоимости оборудования фотоэлектрических систем – конечно, я согласна с тем, что стоимость при масштабировании системы изменяется непропорционально изменению размерных характеристик, но для упрощения было принято такое допущение, что характер изменения линейный.

(Пятое замечание) По поводу выбора подхода, использованного для экономического анализа: действительно, такой показатель как «Levelized cost of storage» (LCOS) очень часто применяется для сравнения различных технологий хранения между собой, но в рамках данной работы я не посчитала нужным его анализировать. И, также, я не встречала каких-то результатов оценок, где фигурировал бы накопитель тепловой энергии. А для электрохимических, механических и других накопителей энергии, безусловно, он очень важен. Всё, спасибо.

Председатель

Так, пойдёмте дальше. Значит, слово предоставляется официальному оппоненту, доктору технических наук, Тягунову Михаилу Георгиевичу, представляющему Московский энергетический институт.

Тягунов М.Г.

Спасибо! Значит, уважаемые члены Ученого совета, я думаю, что на актуальности, судя по той дискуссии, которая была относительно этого вопроса, останавливаться практически не стоит.

Я хотел бы только два вопроса здесь добавить к тому, что уже было сказано. Во-первых, конечно, когда мы говорим о цене, как говорят наши экономисты, с газом она никак не конкурентоспособна. Но если иметь в виду стоимость одного киловатт-часа в той же самой Якутии, которая здесь упоминалась: в средней Якутии – 43 рубля, а в Северной Якутии – 72. Поэтому, вы понимаете, там уже сейчас это все экономически целесообразно.

Синкевич О.А.

Но в Северной Якутии солнца нет.

Тягунов М.Г.

Есть некоторый спрос. И там уже даже ветровая станция стоит, вместе с атомной. Второй момент: второй момент связан с тем, что, как вы понимаете (да вы все прекрасно это знаете), любые когенерационные установки всегда гораздо выгоднее, чем моногенерационные, поэтому, конечно использование фотоэлектрических установок

микрогенерации - это нормальный путь, правильный путь, с одной стороны, к повышению экономичности, а с другой стороны – к повышению степени удовлетворенности потребителя.

Наконец, третий момент, который связан с накопителями электроэнергии, которые должны быть применены здесь: я хотел бы отметить еще, что, так сказать, задача поставлена, но естественным образом не решена, потому что решать ее достаточно тяжело, так как накопители имеют разную динамику, поведение электрических систем тоже имеет разную динамику. И это сейчас как-то наводит на мысль всех о том, что изменения особенно быстротекущих процессов никаким простым аккумулятором отслежены быть не могут, поэтому, естественным образом, приходится думать о том, как бы делать маленькие, но быстрые, большие, но медленные и так далее, то есть какой-то комплект аккумуляторов, который бы, естественно, стоимость всей системы повышал.

Ну, вот, учитывая и это тоже, можно сказать, что, конечно, тема работы, безусловно, актуальна.

Вот, обращаю внимание на то, что диссертантка определила объектом исследования фотоэлектрические системы микрогенерации мощностью до 15 кВт с двухсторонней связью с электрической сети. Ну, все её спросили, почему; она нам ответила. Я просто обращаю на это внимание, потом по этому поводу будет замечание. Естественно, то замечание которое было высказано по научной новизне: конечно, не «многолетние», а «долгие испытания» надо говорить. В работе получены и представлены результаты испытаний, что действительно представляет научную новизну.

Если позволите, я о структуре работы не буду говорить. Спасибо.

Что в действительности хорошо, что вызывает, так сказать, доброе отношение, да, к работе: ну, работы делают по-разному, но чаще всего традиционно начинают делать с математических моделей, потом переводят в какие-то экспериментальные установки и пытаются доказать правильность математической модели. В последнее время, в особенности вот в этих технических наших задачах, задача решается с другого конца: сначала делается некоторая конструкция установки, потом эта установка соответствующим образом испытывается, а потом смотрится, моделируется она каким-то разумным способом или не моделируется. Вот в этом смысле сама по себе методика, достаточно хорошо забытая, но тем не менее ранее существовавшая, сейчас здесь возрождается, и это приятно. Соответственно, данные, которые были получены... Ну, я не буду останавливаться на программных средствах. Данные, которые были получены, проверены и подтверждены. Действительно, содержание автореферата основное содержание работы отражает. И опубликованные работы также отражают основную содержательную часть.

Ну, замечания, наконец.

(Первое замечание) Первое замечание: в работе нет терминологического единства: объект исследования называется то фотоэлектрической установкой, то фотоэлектрическим модулем, то массивом ФЭМ, то фотоэлектрической системой микрогенерации. В результате не всегда ясно, из чего же состоит рассматриваемый в каждом конкретном месте рассуждения объект.

(Второе замечание) Второе замечание: автором использовано необоснованно малое количество работ российских исследователей (16 научных публикаций из 138 наименований, в том числе, в числе 16ти - 6 собственных публикаций автора), хотя из названия следует, что исследование проводилось именно для Российской Федерации. Отсюда некоторые явно необоснованные утверждения о новизне предложения использовать избыточную выработку фотоэлектрических установок для производства тепла, хотя в отечественной литературе последних 10 лет можно назвать ну не менее 10 публикаций, где эта проблем решается с помощью различных конфигураций

фотоэлектрических станций.

(Третье замечание) Третье замечание: особенности использования накопителей энергии в микросетях связаны не только с тем, что «аккумулятор малой емкости ... будет иметь меньший срок службы из-за ограниченного ресурса циклов заряда и разряда, но и с тем, что аккумуляторы большой емкости будут иметь меньшую скорость набора и сброса нагрузки, о чем вот я и говорил вначале, что делает различными динамические характеристики аккумуляторов разной емкости и конструкции.

(Четвертое замечание) Четвертое: неясно, как автор рассматривает работу фотоэлектрических систем микрогенерации в изолированных районах (смотри, например, страницу 75), если объектом исследования являются фотоэлектрические установки индивидуальных потребителей малой мощности с двусторонней связью с электрической сетью.

(Пятое замечание) Пятое: неясно, что имеется в виду под названием «динамические имитационные модели трех фотоэлектрических станций микрогенерации (значит, перечисляются, какие). О какой динамике идет речь, и вопрос тоже такой был тут уже задан во время заседания совета, если параметрами фотоэлектрической станции являются интегральные показатели: «энергия, пришедшая на контроллер, энергия, ушедшая на нагрузку, избыточная энергия, направленная на накопители) и энергия, не потребленная первичной электрической нагрузкой»? Это говорит о том, что рассматривается не динамическая, а балансовая модель энергии средней мощности за принятый расчетный интервал времени.

(Шестое замечание) На странице 88 диссертации сказано: «Профили нагрузок, использованные в настоящем исследовании, были построены при помощи ПО HOMER Pro на основе данных об энергопотреблении 16 эталонных типов зданий для каждой из 16 представленных в США климатических зон....Эти профили нагрузок для дальнейшего моделирования были приведены к климатическим условиям выбранных географических местоположений и масштабированы на годовое энергопотребление 5,5 мегаватт-часов». Однако в работе не показано, каким способом графики потребления пересчитаны на параметры российских регионов. В связи с этим не вполне понятно столь малое различие (на рисунке 3.8 на странице 89 – в пределах 5%) графиков электрической нагрузки в городах Якутск и Волгоград.

(Седьмое замечание) Седьмое: Рисунок 3.11 диссертации достаточно труден для понимания:., т.к. на нем показаны энергия, забираемая из сети, энергия, передаваемая в сеть, энергия, производимая солнечной установкой, но не показаны энергия потребления и энергия аккумуляции, а при отсутствии формульного и числового выражения совершенно непонятно, как соблюдается баланс энергии в различные интервалы времени, вследствие чего неясно, почему потребление из сети и передача в сеть одновременно больше нуля. То есть, зачем потреблять энергию из сети, если СФЭУ обеспечивают ее избыточное производство, достаточное для передачи в сеть?

(Восьмое замечание) Восьмое: можно ли понимать, что утверждение «Таким образом, подтверждается, что для решения задачи увеличения доли покрытия нагрузки горячего водоснабжения за счет фотоэлектрической генерации эффективным подходом может быть перестраивание режима электропотребления внутри суток. Означает ли это, что речь идет о сделанном ранее предположении о регулировании потребления электроэнергии, как способе управления балансом энергии энергоузла?

(Девятое замечание) И, наконец, последнее, девятое замечание: неясно почему в гл.4 рассматриваются варианты работы ФЭС с микрогенерацией в зонах федерального

оптового рынка электроэнергии, в то время, как в начале работы рассматривались условия их работы на розничном рынке энергии и мощности?

И заключение: диссертационная работа Габдерахмановой Татьяны Сергеевны «Исследование энергетической и экономической эффективности фотоэлектрических систем микрогенерации в условиях Российской Федерации» является законченной самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая важное значение для развития энергетики страны, а также изложены новые научно обоснованные технические решения, использование которых позволяет повысить обоснованность выбора параметров фотоэлектрических систем микрогенерации. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.14.01. Работа имеет признаки актуальности, новизны и научно-практической значимости. Основные положения опубликованы в 8 печатных трудах, которые напечатаны в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам, представляемым на соискание ученой степени, в соответствии с пунктом 9 положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2013 года №842, а Габдерахманова Татьяна Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы. Спасибо!

Председатель

Спасибо, Михаил Георгиевич. Пожалуйста, может быть, у кого-то возникли вопросы?

Синкевич О.А.

Уважаемый коллега, вот вы сказали, что, анализируя результаты, можно ожидать, что в ближайшее время этот способ использования энергии войдёт в производство в России. А я напому, что в восьмидесятых годах было установлено, что использование газового топлива в энергетике приведет к развитию энергетики. Спросите, пожалуйста, сколько у нас газовых турбин в настоящее время интенсивно работает? Вот если взять это и сравнить, то не видно, что есть возможность в ближайшее время существенно использовать эти результаты. Замечательные результаты, конечно, о чём мы говорим.

Зейгарник В.А.

А какое имеет отношение политика и экономическая практика нашего государства, нашего правительства к научным утверждениям? Никакого.

Тягунов М.Г.

Если из этого взять, так сказать, некий вопрос, то я бы ответил следующим образом, что, как вы понимаете, мы вслед за Европой стремимся к тому, чтобы увеличить мощности, производимые этими самыми нашими установками на возобновляемых источниках. Но хотелось бы обратить внимание на то, что когда немцы говорят, что они вот-вот начнут вырабатывать 50% электроэнергии (*на основе возобновляемых источников энергии*) от своих станций, то они имеют ввиду не произведенную энергию, а долю установленной мощности в электроэнергетической системе. Это совершенно разные вещи, и, конечно, сравнивать, что делается в конкретной стране и какие исследования должны быть сделаны... Мы должны быть готовы, потому что это когда-то наступит.

Председатель

Спасибо, Михаил Георгиевич!

Татьяна Сергеевна, вам предоставляется слово для того, чтобы согласиться с частью прозвучавших от вашего уважаемого оппонента замечаний, а на оставшуюся часть дать очень краткие лаконичные ответы.

Габдрахманова Т.С.

(Первое замечание) Замечание по поводу отсутствия терминологического единства: я допускаю, что где-то оно отсутствовало, но на самом деле, действительно, я использовала множество терминов, которые вы перечислили, но для себя определила, в какой момент какой термин я использую. Возможно, это не было вами замечено.

(Второе замечание) По поводу необоснованно малого количества работ российских исследователей – да, возможно, я согласна. По поводу отсутствия новизны в рассмотрении технического решения с накопителем тепла – я уже сказала в докладе, что, на самом деле, конечно, это техническое решение не новое, а новизна заключается именно в рассмотрении этого решения применительно к условиям Российской Федерации, тарифным и климатическим.

(Третье замечание) Не замечание, а комментарий по поводу особенностей использования аккумуляторов большой емкости: я полностью согласна.

(Четвертое замечание) Замечание относительно того, что я рассматриваю работу систем микрогенерации в изолированных районах и тут же говорю о двусторонней связи с электрической сетью: я тоже уже на него ответила. Я предполагаю, что там есть локальная сеть, где действует такие же тарифные решения для потребителя.

(Пятое замечание) По поводу того, какой же все-таки является используемая модель, балансовая или динамическая, я тоже уже отвечала. То есть динамическое моделирование возникает там, где возникают обыкновенные дифференциальные уравнения, которыми описывается поведение аккумуляторных батарей. Именно в этих случаях там действительно динамическое моделирование, я считаю. А модели схем без аккумулятирования, действительно, балансовые.

(Шестое замечание) По поводу того, как именно происходило масштабирование графиков потребления энергии – действительно, я просто средствами программной среды НОМЕР получила доступ к открытой базе данных OpenEI, в которые содержались данные об энергопотреблении для ряда потребителей энергии в Америке, и просто путем масштабирования, для аналогичных зон климатических в соответствующих российских условиях, получала эти графики. То есть основной способ – это масштабирование на годовое энергопотребление 5,5 мегаватт-часов.

(Седьмое замечание) По поводу того, что затруднено понимание рисунка 3.11 – на самом деле, мне показалось, что, наоборот, такое представление графика наиболее удобно. Возможно, для меня оно было таким... Да, немного, может быть, нелогично там что-то представлено, я согласна.

(Восьмое замечание) По поводу эффективности перестраивания режима электропотребления внутри суток – да, действительно, можно считать, что такая мера приводит к увеличению доли покрытия нагрузки.

(Девятое замечание) И замечание по поводу того, что я рассматриваю микрогенерацию в зонах оптового рынка, но рассматриваю их работу на розничном рынке: просто я использовала терминологию такую. То есть зоны определяются именно особенностями распространения, деления территории страны на тарифные зоны оптового рынка. То есть это только термин. На самом деле, конечно же, предполагается, что микрогенерация работает на розничном рынке электроэнергии и мощности. Всё, спасибо.

Председатель

Спасибо, Татьяна Сергеевна. Теперь переходим к дискуссии, да?

Ну, позволю себе несколько слов сказать, чтобы, может быть, сократить количество выступающих. Для меня вопрос абсолютно ясный, потому что тема

сегодняшней диссертации – она крайняя актуальная. Вот, Олег Арсеньевич бросил реплику насчёт газовых турбин и параллель какую-то пытался производить. Для меня эта тема очень близкая, да, и парогазовая установка – это современная... Так сказать, большая энергетика только на ней и держится. Сколько это продолжится – это другой вопрос. Что касается возобновляемой энергетики, то в последние годы во всем мире мы... То, что Россия плетется в хвосте, к сожалению – жалко это констатировать, да, по объемам (параллель проводим обратно на парогазовые установки). То, что колоссальная в мире делается статистика по годам ввода установленных мощностей – да просто посмотреть по Соединенным Штатам, т.е. в 2-3 года 5-10% они от своей же энергетики, которая в 5 раз больше по установленным мощностям, установок ввели. Поэтому здесь, как бы, этот вопрос тоже ясный: Россия не может стоять в стороне от этой тематики, это просто неизбежно. Раз хотим иметь безопасность энергетическую, мы просто вынуждены этим заниматься, поэтому это уже для всех ясно. Ну, что касается квалификации: сегодня прозвучало очень много вопросов и на них получены достойные ответы; само выступление было... Сама работа – она глубокая и по физическому наполнению, и по возможной практической реализации. Тем более, что эта работа выполнена в Объединенном институте, где у нас сформировавшееся направление, вот, и здесь команда очень сильная, что способствует, безусловно, тем результатам, которые сегодня были озвучены. Я думаю, что, естественно, эту работу все должны поддерживать, я это буду делать в первую очередь. Для меня вопрос ясный: диссертант заслуживает присвоения ей ученые степени.

Аминов Р.З.

Я хотел сказать, что, действительно, ваша работа очень интересная, объёмная такая, содержательная. Татьяна Сергеевна взяла на себя очень непростую задачу. Мы должны отметить, что, несмотря на то, что сегодня нетрадиционная энергетика, солнечная, в России в очень непростых условиях (экономически мало где реализуема, по критериям экономики), тем не менее, этим вопросом надо заниматься, надо искать те пути, которые позволили бы нам повысить эффективность и найти правильные решения.

Мне вот пришлось побывать в составе делегации «Росэнергоатом» в Китае, где мы с китайскими энергетиками обсуждали аналогичные проблемы. У них очень много солнца, намного больше, чем в России. И они строят тепловые вот эти вот установки, горячего водоснабжения. У них это практически везде уже внедряется в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения. На базе солнечной энергетики. Электроэнергетику они предпочитают развивать за счет строительства атомных электростанций, как это не странно, поэтому, действительно, Россия – специфическая страна; у неё есть свои климатические особенности, свои территориальные особенности, и там, где действительно нет централизованного энергоснабжения, надо смотреть эти вопросы. Причём, на мой взгляд, это как надо было бы сделать: посмотреть, дизель-генератор поставить или солнечную установку, сравнить, что лучше в этих локальных условиях. Тогда можно определить эффективность такого решения и уже рекомендовать, как развивать энергетику. Вот это – как элемент диссертации сегодняшней. Я думаю, что мы сегодня должны... Во-первых, Татьяна Сергеевна получила очень много вопросов, очень много замечаний, и это ей поможет в будущем более квалифицированно решать эти вопросы, а сегодня она, я думаю, вполне заслуживает присуждения степени кандидата наук, и мы будем ее поддерживать.

Председатель

Спасибо!

Попель О.С.

Алексей Юрьевич, очень кратко позвольте два слова сказать, поскольку здесь вот

два наших членов совета затрагивали этот вопрос и ссылаются на китайский опыт создания тепловых установок. Олег Арсеньевич, хочу сказать, что мы 20 лет занимались (вот, Семен Ефимович Фрид), так сказать, солнечными коллекторами, системами теплоснабжения и так далее. Сегодня ситуация изменилась таким образом, что вот эти тепловые системы, тепловые солнечные коллектора, их стоимость уже не снижается, там высосано все технологически и экономически. Наоборот, в связи с ростом цен на энергоёмкое стекло, цветные металлы и так далее, их цена начинает расти, а фотоэлектрики – резко снижается. И сейчас мы уже прошли вот ту точку паритета когда фотоэлектрический нагреватель (еще 5 лет тому назад мне бы сказали, что я дорогую фотоэлектрическую энергию использую для нагрева воды – я бы сказал, что вы сумасшедший) сегодня экономически выгодным получается. Особенно с учетом того, что в наших климатических условиях, если вы используете тепловые системы, вы должны либо использовать ее сезонно (только в летнее время), либо использовать теплообменники, циркуляционные насосы, автоматику и так далее, а это усложняет систему. А здесь все достаточно просто: фотоэлектрическая панель, умный контроллер, который, кстати, не очень много стоит, и обычный ТЭН и обычный бак водонагревателя. И фотоэлектрические системы горячего водоснабжения оказываются сегодня уже более экономически эффективными, чем традиционные, в наших условиях, если вы переходите на антифризы и использование сложных систем.

Синкевич О.А.

А зачем тогда преобразовывать переменный ток?

Попель О.С.

Не нужно, не нужно. Так ясное дело.

Синкевич О.А.

И второе – про Германию: тем не менее, немцы задумываются возобновить несколько атомных станций. Есть такая тенденция.

Попель О.С.

Да не то... А атомные станции в Китае – ну, вы извините, у них тераватт потребления энергии!

Председатель

Так, если кто-то ещё настаивает на выступлении...*(нет)* Тогда, Татьяна Сергеевна, вам предоставляется время для того, чтобы сказать заключительное слово.

Габдрахманова Т.С.

Я благодарю всех, прежде всего, диссертационный совет, за возможность доложить результаты своих исследований. Безусловно, это очень важный день для меня. Я считаю, что во многом именно Олег Сергеевич Попель и Софья Валентиновна Киселёва сыграли наиболее важную роль в том, что я сегодня сейчас стою здесь. Без Софьи Валентиновны я бы просто, наверное, никогда бы даже не посмела попробовать поступать в аспирантуру в Объединенный институт высоких температур, потому что, учась в Волгограде, я слышала о лаборатории возобновляемых источников энергии как о чем-то совершенно «заоблачном». Я благодарю, безусловно, Семёна Ефимовича Фрида, заведующего лабораторией, который оказывал всестороннюю поддержку при проведении исследований, в частности, математического моделирования. Также хочу выразить благодарность Алексею Борисовичу Тарасенко за большую поддержку в проведении экспериментальных исследований и за множество ценных советов. Также благодарю коллег по лаборатории и из лаборатории Виктора Михайловича Зайченко в том числе

(молодежь, аспирантов), которые во всем также оказывали поддержку. И, конечно же, благодарю своего мужа, Максима, который во всем меня поддерживал: благодаря этой поддержке я довела все-таки эту работу до конца. Спасибо!

Председатель

Для осуществления процедуры тайного голосования нам необходимо избрать счетную комиссию, но она у нас традиционная, поэтому, перед тем как назвать членов и потом проголосовать за них, я перед ними даже готов извиниться. Это Валерий Федорович Чиннов, Кобзев Георгий Анатольевич и Виктор Михайлович Зайченко. Кто за этот состав? *(Счётная комиссия выбирается единогласно)*

Так, тогда всем членам совета получить бюллетени, проголосовать и не расходиться.

(Проводится процедура тайного голосования).

Председатель

Готовы, Виктор Михайлович?

Зайченко В.М.

Да.

Комиссия: Зайченко, Чиннов и Кобзев.

Присутствовало на заседании: 19 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации – 8. Роздано бюллетеней – 19, осталось нерозданных – 6. Оказалось в урне – 19.

Результаты голосования:

за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

Татьяна Сергеевна, поздравляю вас с блестящими результатами. Нам надо утвердить протокол счетной комиссии. Кто за то, чтобы эту утвердить? Против? Воздержались? Единогласно *(Протокол счетной комиссии утвержден единогласно)*.

Так, пока не расходимся, потому что нам нужно обсудить проект заключения. У всех на руках, да? Есть ли замечания? *(Нет замечаний)* Есть предложение подготовленный проект заключения взять за основу и внести какие-то замечания в процессе, да? Может быть, у вас появятся. Если сейчас их нет, то тогда голосуем тоже за представленный проект заключения: кто за то, чтобы утвердить его единогласно? Спасибо! Кто против? Воздержавшиеся? Нет. *(Проект заключения принят единогласно)*. Тогда я поблагодарю от себя лично всех присутствующих сегодня за проявленную активность во время защиты.

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

О присуждении **Габдерахмановой Татьяне Сергеевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Исследование энергетической и экономической эффективности фотоэлектрических систем микрогенерации в условиях Российской Федерации»** в виде рукописи, по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы, принята к защите 08.04.2019 г. (протокол № 7) 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, jiht.ru, (495) 485-8345), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 75/нк от 15.02.13 г.

Соискатель **Габдерахманова Татьяна Сергеевна**, 1991 года рождения, в 2013 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (ВолГАУ) (400002, Волгоград, пр-т Университетский, д. 26).

В 2018 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Работает научным сотрудником в лаборатории № 11 – возобновляемых источников энергии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории № 11 Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории №11 - возобновляемых источников энергии Объединенного института высоких температур Российской академии наук **Попель Олег Сергеевич**.

Официальные оппоненты,

доктор физико-математических наук **Бобыль Александр Васильевич**, ведущий научный сотрудник лаборатории Физико-химических свойств полупроводников **Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук»** (ул. Политехническая, 26, Санкт-Петербург, 194021);

доктор технических наук, **Тягунов Михаил Георгиевич**, профессор кафедры «Гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии» **ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет "МЭИ"** (ул. Красноказарменная, д. 14, Москва, 111250),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение науки «Институт энергетических исследований Российской академии наук» (117186, Москва, ул. Нагорная, д.31, корп. 2) в своем положительном заключении, обсужденном и утвержденном на заседании Ученого Совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт энергетических исследований Российской академии наук», протокол №5 от 22 мая 2019 г., подписанным ведущим научным сотрудником Отдела взаимосвязи энергетики с экономикой ИНЭИ РАН, кандидатом технических наук **Дильман Мариной Давидовной**, указала, что диссертационное исследование выполнено на актуальную тему, посвящено решению актуальной научно-технической задачи. Исследование выполнено на высоком научном уровне, сочетает экспериментальные и расчетные исследования, расчеты выполнены с использованием актуальной исходной информации. Результаты, полученные соискателем и изложенные в диссертации, представляют несомненную ценность для широкого круга организаций, ведущих исследования и разработки и подготовку специалистов в области возобновляемой энергетики.

Соискатель имеет 15 опубликованных по теме диссертации работ, в том числе 6 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 - в журналах, входящих в реферативную базу данных Scopus.

Основные работы:

1. *Т.С. Габдерахманова, С.В. Киселева, С.И. Зайцев, А.Б. Тарасенко, В.П. Шакун.* Проблемы мониторинга солнечных энергетических систем в России // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2015. – № 15 (4). – С. 54-60.

2. *Т.С. Габдерахманова, С.В. Киселева, С.И. Зайцев, А.Б. Тарасенко, В.П. Шакун.* Использование солнечных фотоэнергетических установок: результаты мониторинга и прогноза производительности // Альтернативная энергетика и экология. — 2015. — № 19(183). — С. 48–54.

3. *Т.С. Габдерахманова, О.С. Попель.* Оценка конкурентоспособности солнечной микрогенерации в условиях Якутии // Возобновляемые источники энергии: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и XI научной молодежной школы. – М: Изд-во «МАКС пресс» — 2018. — С. 32-40.

4. *Д.А. Соловьев, М.О. Моргунова, Т.С. Габдерахманова.* Адаптация энергетической инфраструктуры в Арктике к климатическим изменениям с использованием возобновляемых источников энергии // Энергетическая политика. — 2017. — № 4. — С. 72-80.

5. *A.B. Tarasenko, T.S. Gabderakhmanova, S.V. Kiseleva, M.J. Suleymanov.* Cold engine cranking by means of modern energy storage devices - physical simulation // MATEC Web of Conferences. — 2018. — Vol. 178. — 09012.

6. *T.S. Gabderakhmanova, S.V. Kiseleva, A.B. Tarasenko, S.E. Frid.* Energy production estimation for Kosh-Agach grid-tie PV power plant for different PV module types // Journal of Physics: Conference Series. — 2016. — Vol. 774. — 012140.

7. *Т.С. Габдерахманова, С.В. Киселева, О.С. Попель, А.Б. Тарасенко* Некоторые аспекты развития возобновляемой энергетики в Арктической зоне РФ // Альтернативная энергетика и экология. — 2016. — № 19-20 (207-208). — С. 41-53.

8. *О.С. Попель, С.В. Киселева, М.О. Моргунова, Т.С. Габдерахманова, А.Б. Тарасенко.* Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в арктической зоне // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 1(17). — С. 64–69.

На диссертацию и автореферат **поступили отзывы:**

1) Д.т.н., профессор **Белов Александр Алексеевич**, главный научный сотрудник **ООО НПП «Донские технологии»** (ул. Михайловская, 164 а, г. Новочеркасск, Ростовская область, 346428) – отзыв положительный, с замечаниями:

1. Считаю, что «Проведены длительные натурные испытания...» (стр. 4) нельзя назвать научной новизной работы.
2. Графики рисунков 7 и 8 представлены не в традиционном виде и трудны для восприятия.

2) Д.т.н., профессор **Ефимов Н.Н.**, профессор кафедры «Тепловые электрические станции и теплотехника» **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»** (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132) – отзыв положительный, с замечаниями:

3. Мне кажется, неудачно сформировано название работы, поскольку «Исследование...» – это рабочий процесс, проводимый при работе над темой. Лучше было бы «Метод оценки энергетической и...».
4. На графике рисунка 2 не указана размерность величин по оси ординат.

3) Д.т.н., профессор **Абдулагатов Ильмутдин Магомедович**, заведующий лабораторией теплофизики геотермальных систем **Института проблем геотермии Дагестанского научного центра РАН** (367030, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 39а) – отзыв положительный, без замечаний.

4) Д.т.н., профессор, член-корр. РАН **Андреев В.М.**, заведующий лабораторией фотоэлектрических преобразователей **Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе Российской академии наук»** (194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26) – отзыв положительный, без замечаний.

5) К.э.н. **Шуткин Олег Игоревич**, директор бизнес-единицы «Инжиниринг и генерация» **ООО Авелар Солар Технолоджи** (117342, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, к. 1) – отзыв положительный, с замечаниями:

1. На рис. 3 автореферата приведены некоторые усредненные результаты длительных экспериментальных исследований фотоэлектрической установки, при этом не ясно, какому периоду соответствуют эти данные, а также каким образом (опираясь на какие источники), используя какие методики осуществлялось «частичное восстановление» данных о месячной производительности за некоторые месяцы года, обозначенные знаком *.

6) Д.т.н., профессор **Соснина Елена Николаевна** и к.т.н. **Шалухо Андрей Владимирович**, кафедра «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» **Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексеева** (603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24) – отзыв положительный, с замечаниями:

1. В автореферате следовало бы указать отечественных и зарубежных исследователей, занимающихся вопросами энергетической и экономической эффективности фотоэлектрических станций.
2. Автором проведены экспериментальные исследования накопителя электрической энергии на основе гелиевых свинцово-кислотных аккумуляторов и определены риски обеспечения питания потребителя. Из автореферата не ясно, будут ли наблюдаться установленные особенности работы накопителя (несимметричность заряда) при использовании других типов аккумуляторов и контроллера заряда.

7) К.т.н. **Голодницкий Андрей Эмильевич**, генеральный директор **ООО «Керамические технологии» АО «Группа компаний ИнЭнерджи»** (115524, Москва, ул. Электродная, 12, стр. 1) – отзыв положительный, с замечанием:

1. Еще большую практическую ценность работа могла бы приобрести, если бы диссертант не ограничилась моделированием совместной работы ФЭС с сетью и накопителями, а рассмотрела бы совместную работу ФЭС в изолированном и островном режимах с другими возобновляемыми источниками энергии и новыми видами активно развивающегося генерирующего оборудования – ветровыми электростанциями, энергоустановками с топливными элементами.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

Бобыль Александр Васильевич является ведущим специалистом в области фотоэнергетики, в частности, в области исследования физико-химических свойств полупроводников и сверхпроводимости. В настоящее время основные работы Бобыля А.В. связаны с исследованиями в области гетероструктурных фотоэлектрических преобразователей на основе кристаллического кремния с улучшенными технико-экономическими параметрами и их разработкой.

Основные публикации Бобыля А.В., связанные с тематикой диссертационной работы Габдерахмановой Т.С.:

1. Yu.V. Kryuchenko, A.V. Sachenko, A.V. Bobyl, V.P. Kostylyov, I.O. Sokolovskyi, E.I. Terukov, N. Tokmoldin, S.Z. Tokmoldin, A.V. Smirnov. Evaluation of the annual electric energy output of an a-Si:H solar cell in various regions of the CIS countries // *Energy Policy*. – 2014. – V. 68. – P. 116-122.

2. Г.А. Иванов, А.В. Бобыль, Е.М. Ершенко, Е.И. Теруков. Особенности эксплуатации солнечной автономной гибридной энергоустановки в условиях Северо-Западного федерального округа // *ЖТФ*. – 2014. – 84(10). – С. 63-67.

3. А.В. Бобыль, С.В. Киселева, В.Д. Кочаков, Д.Л. Орехов, А.Б. Тарасенко, Е.Е. Терукова. Техничко-экономические аспекты солнечной энергетики в России // *ЖТФ*. – 2014. – 84(4). – С. 85-92.

Тягунов Михаил Георгиевич является ведущим специалистом в области возобновляемой энергетики. Основные направления исследований Тягунова М.Г. в настоящее время – топливно-энергетические балансы, проектирование и оптимизация гибридных энергоустановок, в том числе на основе фотоэлектрических преобразователей, оценка ресурсов возобновляемых источников энергии.

Основные публикации Тягунова М.Г., связанные с тематикой диссертационной работы Габдерахмановой Т.С.:

1. Н.Д. Роголёв, М.Г. Тягунов, Т.А. Шестопалова. Как повысить привлекательность электростанций на основе возобновляемых источников энергии? // *Энергетик*. – 2015. – №1. – С. 31-33.

2. М.Г. Тягунов, А.Н. Викулов. Возобновляемая энергетика в распределённых энергосистемах // *Сантехника, отопление, кондиционирование*. – 2018. – 7 (199). – С. 76-77.

3. Е.В. Коваленко, М.Г. Тягунов. Гибридные энергетические комплексы с когенерацией в изолированных энергетических системах // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2015. – № 10-11. – С. 167-177.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт энергетических исследований Российской академии наук» (ИНЭИ РАН) является одной из передовых научных организаций России в области энергетики. Основными

направлениями исследований ИНЭИ РАН являются: фундаментальные исследования энергетики, мировая энергетика, энергетическая политика России, взаимосвязь экономики и энергетики, топливно-энергетические балансы, энергоэффективность и новые технологии, интеллектуальная энергетика.

Основные публикации сотрудников ИНЭИ РАН, близкие к тематике диссертации:

1. Ф.В. Веселов, Т.Г. Панкрушина, И.Ю. Золотова. Тарифная политика в электросетевом комплексе как фактор инвестиционной привлекательности источников распределенной генерации в ЕЭС // Промышленная энергетика. – 2018. – №11. – С. 2-10.

2. С.П. Филиппов. Новая технологическая революция и требования к энергетике // Форсайт. – 2018. – 12(4), С. 20-33.

3. Ю.Н. Кучеров, П.К. Березовский, Ф.В. Веселов, П.В. Илюшин. Анализ общих технических требований к распределённым источникам энергии при их интеграции в энергосистему // Электрические станции. – 2016. – 3 (1016). – С. 2-10.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

- экспериментальным путем выявлены условия разбалансировки свинцово-кислотной аккумуляторной батареи и сформулированы требования, которые необходимо соблюдать при проектировании фотоэлектрических систем для предотвращения преждевременного выхода данного вида накопителей электроэнергии из строя;
- по результатам комплекса экспериментальных и расчетно-теоретических исследований конфигураций ФЭС микрогенерации впервые в широком спектре климатических, технических, экономических параметров, включая учет различных тарифов рынка электроэнергии в регионах России, определены условия, схемные решения и диапазоны величин энергетических и мощностных параметров фотоэлектрических систем, при которых фотоэлектрические системы микрогенерации могут быть экономически привлекательными для потребителя;
- показано, что при текущих тарифных и ценовых условиях использование ФЭС микрогенерации может быть экономически выгодным в некоторых районах Якутии, находящихся в тарифных зонах, соответствующих неценовым зонам и изолированным энергорайонам электроэнергетического рынка, а при условии снижения стоимости оборудования ФЭС на 40% – и на юге Дальнего Востока с неценовыми зонами оптового рынка и высоким потенциалом солнечной энергии. При этом, использование накопителя тепловой энергии в ряде случаев является более приоритетным, чем свинцово-кислотного накопителя.

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

Исследование выполнялось с непосредственной направленностью на теоретическое и экспериментальное обоснование разрабатываемой в настоящее время в РФ нормативно-правовой базы, направленной на развитие микрогенерации на основе ВИЭ. Кроме того, полученные в работе обоснованные рекомендации относительно оптимальных энергетических и мощностных параметров и состава фотоэлектрических систем микрогенерации представляют несомненную ценность для конечного потребителя.

Результаты исследования могут быть использованы рядом российских компаний, реализующих проекты строительства сетевых и автономных фотоэлектрических станций, а также научными и учебными заведениями, ведущими исследования и разработки в области солнечной энергетики и осуществляющими подготовку специалистов в этой отрасли.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- исследование выполнено с использованием актуальной исходной информации;
- использованы современные методы и оборудование;
- результаты математического моделирования верифицированы по результатам экспериментальной эксплуатации и оценена погрешность результатов моделирования;
- установлено удовлетворительное совпадение результатов, полученных соискателем относительно наиболее эффективного соотношения энергетических и мощностных параметров оборудования ФЭС и суммарного годового электропотребления, и результатами, представленными в литературных источниках, посвященных данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии в выборе темы исследования и постановке задач; разработке программы экспериментов и модернизации стенда испытаний, выполнении экспериментальных исследований автономной фотоэлектрической установки. Автором лично выполнена обработка и интерпретация экспериментальных данных, разработан алгоритм анализа энергетической и экономической эффективности ФЭС микрогенерации, созданы и верифицированы по экспериментальным данным использованные в работе математические модели, получены исходные данные для проведения имитационного моделирования и экономических оценок, выполнено имитационное моделирование и параметрические исследования, обработаны и интерпретированы их результаты.

Результаты работы обсуждались на 10 научно-практических международных и российских конференциях, где автор принял личное участие. Подготовка основных публикаций по выполненной работе выполнялась автором лично.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

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 11.06.2019 г. Диссертационный совет принял решение присудить Габдрахмановой Т.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 11 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 19, против 0, недействительных бюллетеней 0.

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

Бараксин А.Ю.

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



Директор Л.Б.

11.06.2019 г.