

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента  
Семькиной Ирины Юрьевны  
на диссертационную работу Глуханича Дмитрия Юрьевича  
на тему: «Автономный электротехнический комплекс с фото- и  
термоэлектрической установками для электроснабжения пункта  
телемеханики нефтепровода», представленную на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности  
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

### 1. Актуальность темы диссертации

Одной из наиболее значимых отраслей экономики Российской Федерации является нефте-и газодобыча, при этом большая доля запасов этих полезных ископаемых располагается в арктической зоне в удалении от населенных пунктов и центров энергоснабжения. Для функционирования транспортной инфраструктуры нефте- и газодобычи, такой как нефтепроводы, применяются технические средства, обеспечивающие мониторинг, автоматической защиту и блокировку технологического оборудования трубопроводной системы. Преимущественно такие технические средства должны быть автономными и требовать лишь минимального технического обслуживания, что предусматривает в том числе необходимость автономной системы их электроснабжения. С учетом и сложности доставки топлива и необходимости сохранения экосреды арктических территорий, неоспоримое преимущество для создания систем автономного электроснабжения имеют альтернативные и возобновляемые источники энергии. Несмотря на активное развитие технологий альтернативной и возобновляемой энергетики, для их эффективного применения требуется выбирать состав и параметры оборудования с учетом особенностей эксплуатации и нагрузки, на которую они работают. Исходя из этого диссертационная работа Глуханича Дмитрия Юрьевича, направленная на разработку автономного электротехнического комплекса с фото- и термоэлектрической установками для электроснабжения пункта телемеханики нефтепровода, является актуальной.

### 2. Научная новизна диссертации

В диссертационной работе предложена методика определения рассеянной диффузной составляющей для арктической зоны Российской Федерации ( $41^{\circ}$  с.ш. –  $80^{\circ}$  с.ш.), основанная на полученной автором полиномиальной зависимости коэффициента диффузного пропускания от индекса чистоты неба.

С использованием этой методики научно обоснована структура электротехнического комплекса с фото- и термоэлектрической установкой, оснащенного аккумуляторной батареей, обеспечивающего генерацию требуемого количества электроэнергии электроснабжения пункта телемеха-

ОТЗЫВ

ники нефтепровода, в том числе оборудованного трубопроводной арматурой с электроприводами. Доказано, что данный электротехнический комплекс способен выполнять возложенные на него задачи в том числе при наличии на рассматриваемой территории полярной ночи.

Проведена оценка влияния термоэлектрической установки на тепловой баланс нефтепровода и обоснована целесообразность ее работы в режиме электронагревателя при остановке транспортировки нефти.

**3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается корректностью принятых допущений, применением апробированных методов математического моделирования и сопоставлением авторских результатов с результатами, полученными другими авторами. Так, предложенная в работе полиномиальная зависимость коэффициента диффузного пропускания от индекса чистоты неба сравнивалась с 12 известными моделями, в том числе с 10 моделями для северных широт, и показала более высокую объяснительную способность модели при сопоставимых либо меньших расхождениях моделирования с измеренными значениями.

Автором для подтверждения принципов работы и исследования характеристик предлагаемого электротехнического комплекса создан имитационный лабораторный стенд, подтверждающий адекватность применяемых математических моделей, а следовательно справедливость результатов, полученных с их использованием.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

В диссертационной работе представлен ряд новых научных результатов, среди которых наиболее ценными являются:

- математическое описание термоэлектрической установки, позволяющее определять ее выходные параметры с учетом конструктивных характеристик трубопровода, удаленности и климатических условий расположения электротехнического комплекса, а также характеристик транспортируемой нефти;
- методика определения номинальных параметров автономного электротехнического комплекса с фото- и термоэлектрической установкой и аккумуляторной батареей, позволяющая определить граничные соотношения номинальных мощностей источников питания рассматриваемого комплекса и емкости аккумуляторной батареи, обеспечивающие бесперебойное электроснабжение пункта телемеханики нефтепровода для конкретных климатических условий расположения и характеристик транспортируемой нефти, а также оптимальные параметры электротехнического комплекса по критерию нормированной себестоимости электроэнергии.

Указанные результаты имеют высокую теоретическую и практическую ценность для обеспечения электроснабжения оборудования нефтепроводов в арктической зоне Российской Федерации.

Научные результаты диссертации в достаточной степени освещены в 12 печатных работах, в том числе в 2 статьях в изданиях из Перечня ВАК и в 3 статьях в изданиях, входящих в международную систему цитирования Scopus, а кроме того в 2 патентах на изобретения и 1 свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ.

#### **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Предложенная в работе методика определения рассеянной диффузной составляющей для арктической зоны Российской Федерации ( $41^{\circ}$  с.ш. –  $80^{\circ}$  с.ш.) может быть использована другими коллективами авторов в качестве теоретической основы для исследования автономных электротехнических комплексов с фотоэлектрической установкой, работающих на широкий спектр нагрузок, как для нужд населения, так и для электроснабжения промышленных объектов.

Разработанная методика определения номинальных параметров автономного электротехнического комплекса с фото- и термоэлектрической установками и аккумуляторной батареей может быть использована при модернизации или установке новых пунктов телемеханики нефтепровода.

Проведенный автором анализ промышленно выпускаемых термоэлектрических модулей на основе теллурида висмута  $BiTe$  с температурой горячей стороны менее 400 К и с размерами сторон более 20 мм, односторонних фотоэлектрических панелей с номинальной мощностью в диапазоне от 100 до 450 Вт, а также необслуживаемых герметичных свинцово-кислотных и литий-железо фосфатных аккумуляторных батарей выявил как медианные, так и предельные эксплуатационные параметры данного оборудования, что имеет высокую практическую значимость в проектной деятельности при строительстве и реконструкции систем автономного электроснабжения на базе альтернативных и возобновляемых источников энергии на территории Российской Федерации.

#### **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Полученные автором результаты могут быть использованы в качестве теоретической основы и практического руководства при модернизации оборудования пунктов телемеханики нефтепровода, располагающихся в арктической зоне Российской Федерации.

#### **7. Замечания и вопросы по работе**

Диссертационная работа и автореферат написаны на высоком научном уровне. Оценивая изложение диссертационной работы следует отметить, что ее текст написан ясным языком, а построение диссертации в целом характеризуется доступностью для понимания. Авторский стиль достаточно литературный. Изложение материала сопровождается необходимым количеством иллюстративного материала и табличных данных.

В то же время в диссертации встречаются небрежности оформления. Например, на рис. 2.2 а) не указано при какой температуре нефти оценива-

ется влияние температуры воздуха, а на рис. 2.2 б) соответственно – при какой температуре воздуха оценивается влияние температуры нефти. В нижнем правом ветвлении алгоритма на рис. 2.6 (SOC=100%) перепутаны подписи «да» и «нет» на выходах.

Так же следует отметить спорность применяемой автором классификации методов параметрического синтеза и методов оптимизации, например выделение специализированного программного обеспечения в отдельную категорию методов (программные методы), хотя программное обеспечение всегда реализует тот или иной метод и является лишь инструментом. Но поскольку работа не лежит в области теории автоматического управления, последнее замечанием не является.

По тексту диссертационной работы возникают следующие вопросы и замечания:

1. При моделировании термоэлектрической установки с естественным воздушным охлаждением и размещенной на стенке нефтепровода принято допущение о пренебрежимо малом влиянии солнечного излучения и атмосферных осадков (стр. 46). В то же время для рассматриваемых территорий характерно выпадение осадков в виде снега, а при прочностных расчетах нефтепроводов учитывается нагрузка от возможного обледенения. Слой наледи негативно скажется на охлаждении радиатора холодной стороны термоэлектрической установки. Какими аргументами обосновывается данное допущение?

2. При определении емкости аккумуляторной батареи (стр. 70) не учитывается температура воздуха, тогда как при отрицательных температурах происходит снижение емкости аккумуляторов любого типа. Учитывая, что в зимние месяцы температура воздуха может иметь значения ниже минимальной для аккумуляторных батарей по табл. 3.5, например декабрь на рис. 2.7 в), а мощность обогрева по табл. 1.4 составляет всего 50 Вт и расходуется на обогрев всех электронных компонентов, как скажется данное допущение на вероятности потери нагрузки для всего электротехнического комплекса?

3. Исследуемый электротехнический комплекс согласно рис. 1.22 и рис. 4.5 содержит в своем составе контроллер нахождения максимальной мощности (MPPT) как для фото- так и для термоэлектрической установки. Параметры и алгоритм MPPT контроллера влияют на величину вырабатываемой электроэнергии. Однако в тексте диссертации не описаны ни параметры, ни алгоритм MPPT контроллера ни для фото- ни для термоэлектрической установки, а их влияние на работу электротехнического комплекса не показано.

4. Необходимы дополнительные пояснения по рис. 2.8. Диаграмма уровня заряда аккумуляторной батареи, рис. 2.8 в), определяется по выходной мощности фотоэлектрической установки, рис. 2.8 а), и выходной мощности термоэлектрической установки, рис. 2.8 б), по алгоритму на рис. 2.6. Неясно, чем вызван низкий уровень заряда аккумуляторной батареи в течение всех 24 часов на ~100 и особенно на ~335 день в году, учитывая, что

мощность от фотоэлектрической установки имеет колебания в течение суток, а значит ее влияние также должно было бы иметь колебания, а минимум вырабатываемой термоэлектрической установкой выходной мощности приходится приблизительно на 150-250 дни года.

5. При оценке пригодности тепловой модели термоэлектрической установки автор отмечает: «величина этих метрик показывает наличие определенной доли ошибок в сравнении с общим диапазоном измеряемых значений, что необходимо учитывать при моделировании» (стр. 80). Однако ни каких-либо методов компенсации несоответствий в составе модели, ни методов учета занижения средних расчетных значений по сравнению с экспериментальными значениями далее в работе не описано.

6. Параметрическая достаточность электротехнического комплекса определялась с использованием баланса мощностей для усредненной нагрузки. При этом существует отличная от нуля вероятность кратковременного скачкообразного повышения нагрузки при открытии или закрытии клапана трубопроводной арматуры. Если выбранные параметры электротехнического комплекса находятся на границе согласно рис. 3.14, рис. 3.15, может ли при скачкообразном повышении нагрузки вероятность потери нагрузки стать отличной от нуля?

7. Необходимы дополнительные пояснения по формулам (4.10) и (4.11). В выражении  $(LTS-NoR)$  происходит вычитание числа замен [ед.] от срока службы [лет]. Тогда по  $MC(LTS-NoR)$  получается, если согласно табл. 4.3 электротехнический комплекс эксплуатируется 20 лет, в течение которых, производится 2 замены аккумуляторной батареи и контроллера заряда, стоимость их технического обслуживания учитываются лишь за 18 лет.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку полученных автором результатов.


## **8. Заключение по диссертации**

Диссертационная работа «Автономный электротехнический комплекс с фото- и термоэлектрической установками для электроснабжения пункта телемеханики нефтепровода» Глуханича Дмитрия Юрьевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение актуальной научно-технической задачи создания автономного электротехнического комплекса для энергообеспечения пунктов телемеханики нефтепроводов, расположенных в удаленных северных районах.

Диссертационная работа по актуальности, достоверности и обоснованности научных данных, новизне, теоретической и практической значимости полностью соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении учёных степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет Императрицы Екатерины II» (утв. приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм в ред. от 29.10.2021 № 2098 адм), а её автор, Глуханич Дмитрий Юрьевич, заслуживает присуждения

ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2.  
Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,  
главный научный сотрудник ИПТС,  
д.т.н., доцент, научная специальность  
05.09.03 – «Электротехнические  
комплексы и системы»



Семькина  
Ирина Юрьевна

«29» августа 2024

E-mail: arinasemykina@gmail.com  
Тел.: +7 (913) 3164229

Полное наименование организации:  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт  
природно-технических систем» (ИПТС).  
Адрес организации: 299011, Россия, г. Севастополь, ул. Ленина, 28.  
Телефон организации: +7 (8692) 54-44-10  
Адрес электронной почты организации: info@иптс.рф  
Web-сайт организации: http://иптс.рф

Подпись Семькиной И.Ю. заверяю:  
и.о. директора ИПТС к.т.н.



В.Н. Маслова