

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по науке и  
трансферу технологий ТПУ

  
Сухих Л.Г.  
« 29 » \_\_\_\_\_ 2021 г.



## **ОТЗЫВ**

**ведущей организации на диссертацию Кенден Кара-кыс Вадимовны на тему: «Совершенствование методов принятия решений по вводу мощностей автономных солнечно-дизельных установок (на примере Республики Тыва)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы**

### **Актуальность темы исследования**

Значительная часть территории России, составляющая по разным оценкам от 60 до 70%, не охвачена Единой энергетической системой. В зонах децентрализованного электроснабжения расположено большое количество потребителей, электроснабжение которых обеспечивается преимущественно от дизельных электростанций (ДЭС). Низкий уровень развития транспортной инфраструктуры, многозвенность процесса завоза топлива и высокая степень износа генерирующего оборудования определяют высокую стоимость электроэнергии и низкую надежность электроснабжения потребителей.

Одним из эффективных вариантов совершенствования автономных систем электроснабжения (АСЭС) на сегодняшний день является их построение с ориентацией на местные возобновляемые энергоресурсы. В частности, для Республики Тыва, обладающей высоким солнечным потенциалом, перспективным направлением является применение фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) в составе автономных энергосистем, что позволит снизить топливную составляющую в себестоимости вырабатываемой электрической энергии и повысить технико-экономическую эффективность энергетических комплексов.

Совершенствование методов принятия решений по вводу мощностей автономных солнечно-дизельных установок является необходимым условием практического внедрения технологий возобновляемой энергетики в

децентрализованных регионах, что обуславливает актуальность темы диссертационного исследования Кенден К.В.

### **Научная новизна работы и результаты работы**

В ходе выполнения поставленных в диссертационной работе задач получены следующие новые научные результаты:

- усовершенствована математическая модель ФЭП, позволяющая получать выходные энергетические характеристики ФЭП с учётом интенсивности солнечного излучения, температуры окружающей среды, технических характеристик и способа ориентации;
- разработана методика оптимизации структуры и параметров солнечно-дизельных установок (СДУ) из условия минимальной себестоимости генерируемой электроэнергии, отличающаяся возможностью учета реальной выработки электрической энергии ФЭП и графиков нагрузки потребителей;
- предложена методика принятия решения при выборе площадки для размещения элементов СДУ, учитывающая комплекс технико-экономических, климатических и экологических критериев с использованием теории многокритериальной оптимизации и метода экспертных оценок.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 33 печатных работах, в том числе 4 работах в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов диссертационных исследований, одной монографии, получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Достоверность и обоснованность** научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректностью использования методов и моделей, а также удовлетворительной сходимостью оценок, с результатами, полученными другими авторами при решении аналогичных задач.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Результаты исследований могут быть использованы при проектировании новых или реконструкции существующих автономных электротехнических комплексов. Результаты могут быть использованы в учебном процессе при реализации специальных образовательных программ.

На основе усовершенствованной модели ФЭП и разработанной методики оптимизации структуры и параметров СДУ для удобства пользования и повышения эффективности выполнения расчетов созданы ПВК для проведения исследований выходных параметров ФЭП и оптимизации СДУ в АСЭС при проектировании. Результаты диссертационной работы использованы в деятельности Министерства топлива и энергетики Республики Тыва. Материалы диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры «Общеинженерные дисциплины» ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет» при проведении занятий по курсу «Возобновляемые источники энергии».

### **Оценка содержания диссертационной работы**

Тема и содержание диссертации Кенден К.В. соответствует паспорту специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы – п. 2 Исследование и разработка нетрадиционных источников энергии и новых технологий преобразования энергии в энергетических системах и комплексах; – п. 3 Использование на этапе проектирования и в период эксплуатации методов математического моделирования с целью исследования и оптимизации структуры и параметров энергетических систем и комплексов и происходящих в системах энергетических процессов.

По содержанию диссертации и автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. Для оценки интенсивности солнечного излучения (СИ), поступающего на горизонтальную поверхность, автор использует методику Берда, которую модифицирует введением двух поправочных коэффициентов, применение которых в данной модели никак не обосновано.

2. В результате моделирования вольт-амперных характеристик ФЭП при различных температурах (рис. 2.8 диссертации) автором получены одинаковые значения напряжений холостого хода. Однако на самом деле величина напряжения холостого хода ФЭП должна изменяться с изменением температуры пропорционально температурному коэффициенту, заданному в технической спецификации ФЭП.

3. На рис. 2.9 диссертации приведены вольт-ваттные характеристики ФЭП при различных температурах, полученные в результате моделирования, которые по утверждению автора отличаются на величину не более 1,5 % от значений мощности завода-изготовителя в точке максимальной мощности. При этом на представленных характеристиках выходная мощность ФЭП с увеличением температуры растет, что не соответствует действительности – мощность должна уменьшаться.

4. Температура поверхности фотоэлектрических модулей зависит не только от температуры окружающей среды, но и от других факторов: например, величины солнечной инсоляции, условий охлаждения (скорость ветра) и др., которыми автор пренебрегает.

5. Из материалов диссертации и автореферата неясно, в чем заключается усовершенствование математической модели ФЭП в сравнении с известными, например, из стандартной библиотеки MatLab/Simulink, которая реализует весь набор функций, которые использует автор.

6. При расчете выработки электроэнергии элементами СДУ при различных режимах функционирования (раздел 3.1) автор не учитывает потери энергии в аккумуляторной батарее и преобразовательных устройствах, которые в суммарном выражении могут быть весьма значительны.

7. Для математического описания критерия оптимизации структуры и параметров СДУ в автореферате (ф. 3) и диссертации (ф. 3.11) используются различные уравнения, при этом как определяются входящие в них переменные себестоимости электроэнергии ДЭС и ФЭП не показано.

8. В тексте автореферата и диссертации присутствуют стилистические ошибки, в частности в качестве размерности величины электрической энергии используются кВт, а не кВт·ч.

### **Заключение по диссертационной работе**

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача совершенствования методов принятия решений по вводу мощностей солнечно-дизельных установок с возможностью учёта технико-экономических, климатических и экологических критериев. Диссертация «Совершенствование методов принятия решений по вводу мощностей автономных солнечно-дизельных установок (на примере Республики Тыва)», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы, соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор – Кенден Кара-кыс Вадимовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Отзыв подготовлен по результатам заслушивания и обсуждения доклада диссертанта, а также обсуждения диссертации и автореферата на заседании Научно-технического совета отделения Электроэнергетики и

электротехники Инженерной школы энергетики Томского политехнического университета, протокол № 22 от 15.10.2021 года.

Председатель научно-технического совета  
Инженерной школы энергетики,  
профессор отделения электроэнергетики и  
электротехники Инженерной школы энергетики  
Национального исследовательского Томского  
политехнического университета,  
д.т.н., профессор  
г. Томск, ул. Усова, 7, офис. 160,  
т. +7 (3822) 701777 вн.т. 6863,  
email: [vyush@tpu.ru](mailto:vyush@tpu.ru)



Ушаков  
Василий Яковлевич

Секретарь научно-технического совета  
Инженерной школы энергетики Национального  
исследовательского Томского политехнического  
университета



Филимонова  
Светлана Владиславовна

Подписи Ушакова В.Я. и Филимоновой С.В.  
заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ТПУ



Кулич  
Екатерина Александровна

**Сведения о ведущей организации:**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский Томский  
политехнический университет»

Почтовый адрес: 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30

Официальный сайт: <https://www.tpu.ru>

Адрес электронной почты: [tpu@tpu.ru](mailto:tpu@tpu.ru)

Тел.: +7 (3822) 60-63-33