

## ОТЗЫВ

официального оппонента  
на диссертационную работу  
Назарова Мусо Холмуродовича

на тему “Оптимизация и планирование режимов автономной энергетической системы на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии (на примере системы Памира)”, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 –Электрические станции и электроэнергетические системы

### **1. Актуальность темы исследования**

В мировой энергетике в настоящее время всё больше внимания уделяется к возобновляемым и альтернативным источникам энергии. Это обусловлена их доступностью в качестве распределенной генерации и более высокой экологичностью, что позволяет снизить, как это принято говорить, снизить “углеродный след”. Одними из наиболее распространенных источников генерации альтернативной энергии являются энергия ветра и солнечной инсоляции. Однако проблемой использования этих источников в централизованной системе электроснабжения является их некоторая непредсказуемость, что приводит к сложности поддержки баланса в энергосистеме. Поэтому возникает необходимость предусматривать дополнительные источники накопления и генерирования электроэнергии в автономных энергосистемах. Также иметь возможность составления плана генерации и потребления от распределенных источников энергии. Прогнозирование генерации энергии на основе нейронных сетей, а также оптимизация электропотребления от различных источников генерации является важной задачей.

В связи с вышесказанным актуальность темы диссертационной работы М.Х. Назарова сомнений не вызывает.

**2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе, подтверждается корректным использованием теории электроэнергетических систем, теоретических основ электротехники, статистических методов обработки данных, методов искусственного интеллекта в виде искусственных нейронных сетей с обучением, а также обширностью достоверностью метеорологических данных.

### **3. Новизна научных положений, выводов, рекомендаций и их достоверность**

К научной новизне диссертационной работе можно отнести следующие результаты:

1. Обоснована необходимость прогнозирования ветровой и солнечной энергии с помощью искусственной нейронной сети и структурно-параметрической оптимизации модели для достижения наибольшей точности.

2. Выдвинута и проверена новая в данной предметной области гипотеза об использовании для краткосрочного прогнозирования данных не всего временного ряда, а только отобранных часов суток.

3. Предложены метод и алгоритм оптимального планирования энергопотребления на основе линейного программирования и правил продукции для минимизации финансовых расходов отдельных генерирующих потребителей.

4. Предложена новая радикальная концепция исполнения автономной электрической сети Памира с исключением излишних трансформаций энергий и совпадения основного напряжения 20 кВ сопредельного государства.

Достоверность научных положений и выводов работы подтверждены представленными в диссертации результатами.

**4. Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в том, что предложен и разработан алгоритм и его программная реализация прогнозирования скорости ветрового потока и солнечной инсоляции на

основе многослойного перцептрона искусственной нейронной сети. Также решена задача оптимизации электропотребления на суточном интервале времени методами линейного программирования для различных условий использования альтернативных и возобновляемых источников энергии с учетом их взаимодействия и стоимости вырабатываемой электроэнергии.

### **5. Оценка содержания диссертации и ее завершенность**

Диссертационная работа М.Х. Назарова включает в себя введения, пять глав, заключения, списка литературы из 102 библиографических источников и приложения. Общий объем работы составляет 195 страниц.

**В введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертации, а также определены методы исследования, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, обоснована достоверность и приведена апробация результатов.

**В первой главе** рассмотрены тенденции развития мировой энергетики с учетом возобновляемых источников энергии и дана оценка возобновляемых энергетических ресурсов Республики Таджикистан.

**В второй главе** приведен краткий обзор методов прогнозирования. Затем автор подробно описывает сущность нейронных сетей выбирает архитектуру многослойного перцептрона и методы обучения искусственной нейронной сети для прогнозирования метеорологических факторов. Прогнозирование осуществляется на основе двух подходов: по общей статистической выборке и по почасовым выборкам ретроспективных данных. Дана оценка относительной погрешности прогнозирования.

**Третья глава** посвящена выбору электрооборудования и оптимизации угла наклона панелей солнечных фотоэлектрических станции и дана оценка величины выработки электроэнергии. Также выбрана ветроэнергетическая установка и дана оценка вырабатываемой ею мощности в зависимости от сезона года. Предложен тип накопитель энергии на основе сверхпроводящего индукционного накопителя.

**В четвертой главе** автором решена задача оптимального планирования электропотребления на основе линейного программирования для автономной

электрической сети Памира. Наряду с этим им предложен переход сети на единую систему электроснабжения на напряжения 20 кВ в конструктивном исполнении самонесущих изолированных проводов.

**В пятой главе** даны некоторые экономические оценки затрат потребителей и доход от продажи избытка электроэнергии в автономной электрической системе. Одновременно рассчитана себестоимость электроэнергии от альтернативных источников энергии

## **6. Соответствие диссертационной работы паспорту специальности**

### **05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы**

Материалы, представленные в диссертации и автореферате, соответствуют следующим пунктам паспорта научной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы: п.6. Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике; п.8. Разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике; п.13. Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике.

## **7. Апробация работы и публикации**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 7 международных и всероссийских конференциях, научных семинарах и технических совещаниях.

**Публикации.** По материалам исследований диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, в том числе 3 работы в рецензируемых изданиях из перечня, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 4 работы индексированы в наукометрических базах Web of Science и Scopus, 5 работ в прочих изданиях. Получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат и публикации полностью отражают основное содержание диссертационной работы.

## **8. Замечания по диссертационной работе**

1. Глава 2. Предложено фиксированное положение солнечных панелей по азимуту для каждого сезона года. Проводилось ли экономическое подтверждение целесообразности реконструкции существующего парка

панелей с добавлением систем ориентации по солнцу (трекеры, основания с возможностью поворота)

2. Глава 2. Какие дополнительные метеорологические данные помогут снизить ошибку прогнозирования скорости ветра ниже 28%? Необходимо ли использование дополнительных алгоритмов и методик расчета для повышения точности?

3. Глава 3, пункт 3.4.1. Расчет удельной стоимости 1 кВт для ветрогенератора Vestas V66 – ошибка в формуле. Способ выбора ВЭУ только по стоимости за кВт является слишком упрощенным.

4. Глава 3, пункт 3.5. Выбраны ВЭУ, инвертор и панели, но не указаны параметры сверхпроводящего индукционного накопителя.

5. Поясните еще раз, что такое наиболее характерный день для зимнего, летнего, осеннего и весеннего периода. Приняты максимальные, минимальные, усреднённые или иные значения?

6. Глава 4, пункт 4.5 Целесообразность перехода энергосистемы Памира с существующих классов напряжения на 20 кВ подкреплена расчетами активной и реактивной мощности и отклонениями напряжения то номинального. Необходим технико-экономический расчет с учетом нового оборудования (трансформаторы выключатели и т.д.) Возможно ли, что данный переход будет экономически не целесообразен?

7. В тексте содержатся орфографические ошибки.

8. В работе для краткосрочного прогнозирования используется не весь временной ряд, а только отборные часы суток. Проводилось ли сравнение методов прогнозирования, может ли иной метод основанный на полном временном ряде повысить точность прогнозирования?

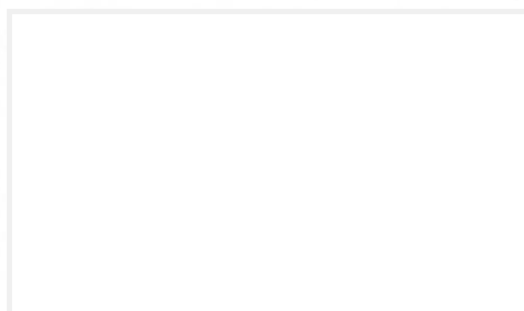
## **9. Общее заключение**

Диссертационная работа М.Х. Назарова является завершенной научно-квалификационной работой. В ней представлены модели и методы планирования и оптимизации электропотребления, включающих альтернативные источники энергии с возможностью ее аккумулирования. Работа обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты

и положения. Практическое использование результатов подтверждена актами внедрения.

На основе вышеизложенного оппонент считает, что диссертационная работа «Оптимизация и планирование режимов автономной энергетической системы на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии (на примере системы Памира)» соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. N 842 (ред. от 11.09.2021 г.), а сам соискатель Назаров Мусо Холмуродович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

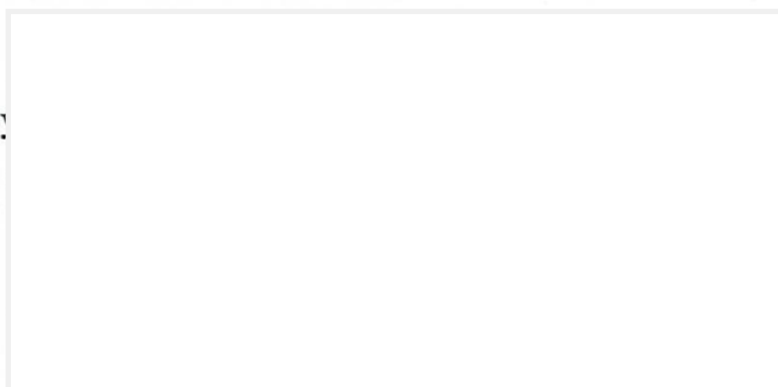
Кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Электроснабжение  
промышленных предприятий»  
Федерального государственного  
автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Омский государственный  
технический университет»  
644050, г. Омск, проспект Мира, 11  
тел: +7(913) 978-03-32,  
E-mail: PRIVETOMSK@MAIL.RU



Бубенчиков Антон Анатольевич  
01.09.2022

Сведения (подпись) А.А. Б.  
Ученый секретарь ученого

«1» 09 2022 г.



Отзыв коучей 05.09.2022г. Проф / Осипов А.А. /  
с отзывом ознакомлен 05.09.2022г. Алтын / Назаров М.Х. /