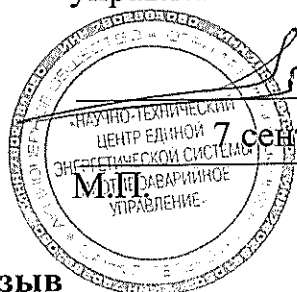


## УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
АО «НТЦ ЕЭС Противоаварийное  
управление»



Крицкий В.А.

7 сентября 2021 г.

### Отзыв

**ведущей организации на диссертацию Батуевой Дарьи Евгеньевны на тему:  
«Повышение энергоэффективности электротехнического комплекса с автономным питанием на основе прогноза энергопотребления с учетом влияния климатических условий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 –  
Электротехнические комплексы и системы**

#### **Актуальность темы исследования**

На сегодняшний день электроснабжение объектов на территории Арктики и Крайнего Севера осуществляется от автономных источников электроснабжения, – главным образом, дизель-генераторных установок (ДГУ), работающих на привозном топливе. Реализация проектов, связанных с использованием возобновляющихся энергоресурсов, в том числе на основе ветроэнергетических установок (ВЭУ), для работы которых имеется значительных энергетический потенциал, является перспективной задачей. В диссертации, на основе рассмотрения автономной энергосистемы, состоящей из параллельно работающих ВЭУ и ДГУ, разрабатывается методика построения модели для прогнозирования энергопотребления и распределения генерации электрической энергии различными источниками в зависимости от времени года и климатических условий.

Прогнозирование энергопотребления позволит, с одной стороны, не допускать перебоев в поставке электроэнергии при увеличении нагрузки выше планируемой, планировать режимы работы для обеспечения электроэнергией потребителей при резких изменения скорости ветра, и, с другой стороны, уменьшение электропотребления за счет прогнозирования скажется на эффективности работы электротехнического комплекса, в том числе сохранении ресурса работы ДГУ и уменьшении расхода топлива.

Прогнозирование энергопотребления и генерации электроэнергии позволит повысить эффективность использования электротехнического комплекса и

планирования режимов работы. В электроэнергетике все чаще применяются методы машинного обучения и построение на основе таких алгоритмов прогнозных моделей. Применение метода сингулярного спектрального анализа позволяет установить взаимосвязь изменения внешних климатических факторов и работы электротехнического комплекса и определить методику построения прогноза энергопотребления. Создание прогнозной модели генерации и энергопотребления позволяет оптимизировать состав и график работы генерирующих элементов комплекса и добиться экономической выгоды.

Поэтому тема диссертационной работы с использованием рассмотренных методов для анализа данных генерации и потребления является актуальной задачей.

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

В процессе решения поставленных в диссертации задач были получены следующие научные результаты.

Установлены зависимости формирования графика генерации электрической энергии ветродизельным комплексом на основе проведенного сингулярного спектрального анализа (SSA), указывающие на взаимосвязь изменения внешних климатических условий и энергопотребления объекта с коммунально-бытовой нагрузкой.

Сформирована методика построения модели для прогнозирования энергопотребления с использованием климатических характеристик и накопленных данных о потреблении электрической энергии.

Создана прогнозная модель энергопотребления и генерации на основе модели авторегрессии – скользящего среднего (ARMA) для электротехнического комплекса с автономным питанием, учитывающая влияние изменения внешних климатических условий и определена экономическая оценка эффективности внедрения методики прогнозирования нагрузки.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 5 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus); получен 1 патент.

**Достоверность и обоснованность** научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением при теоретических научных исследованиях методов численного анализа в пакете Microsoft Office Excel, методы регрессионного, факторного анализа, математического моделирования и программирования на языке Python при построении модели прогнозирования.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при реконструкции и проектировании ветродизельных электростанций в рамках концепции развития распределенной генерации на территории России для анализа данных генерации в зависимости от климатических условий региона, в котором расположен объект, а также для прогнозирования энергопотребления электротехнических комплексов, питающихся от ветродизельных электростанций. Автором представлены методические рекомендации по формированию методики построения модели для прогнозирования энергопотребления с использованием климатических характеристик и базы данных о потреблении электрической энергии. Разработана прогнозная модель энергопотребления на основе модели ARMA, учитывающая влияние изменения внешних климатических условий, которая является масштабируемой и настраиваемой для использования на объектах с коммунально-бытовой нагрузкой, питающихся от ветродизельной электростанции.

## **Оценка содержания диссертационной работы**

Тема и содержание диссертации Батуевой Дарьи Евгеньевны соответствует следующим областям исследования паспорта научной специальности:

– п.1 «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем»;

– п.4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях».

**По результатам ознакомления с диссертационной работой имеются следующие вопросы и замечания:**

1. В разработанных в диссертации методиках и алгоритмах большое внимание уделено оценке нестационарности ряда входных данных. Между тем, очевидным из постановки задачи является тот факт, что набор (ряд) исходных данных является априорно нестационарным. Учет этого фактора позволил бы сократить и оптимизировать алгоритмы анализа и последующие действия по настройке модели.
2. Создается впечатление, что работа предлагаемого программного комплекса по прогнозированию энергопотребления и генерации сильно зависит от опыта и квалификации пользователя. Многие параметры назначаются «экспертным путем» (стр.69), «с учетом экспертной оценки» (стр.88). Это снижает возможности практического использования предлагаемых программ.

3. Каким образом выполняется адаптация прогнозной модели к изменениям состава оборудования энергокомплекса?
4. Как обоснована величина доверительного интервала при анализе автокорреляционной и частично автокорреляционной функций (рисунки 3.2.2.1, 3.2.2.2)? Как изменение этой величины отразилось бы на настройке модели?
5. При выполнении экономического анализа не учтена стоимость и затраты на обслуживание аккумуляторной батареи.
6. По работе имеется большое количество редакционных замечаний.

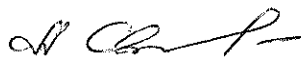
### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертация «Повышение энергоэффективности электротехнического комплекса с автономным питанием на основе прогноза энергопотребления с учетом влияния климатических условий», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм.

Батуева Дарья Евгеньевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Батуевой Дарьи Евгеньевны обсужден и утвержден на совместном заседании отделов «Электроэнергетические системы» и «Проектирование и развитие электроэнергетических систем» АО «НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление», протокол №1/2021 от 7 сентября 2021 года.

Заведующий отделом  
Электроэнергетические системы  
АО «НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление»  
Кандидат технических наук



Смирнов  
Андрей Николаевич

Секретарь заседания



Щипалкина  
Маргарита Александровна

**Сведения о ведущей организации:**

Акционерное общество «Научно-технический центр Единой энергосистемы Противоаварийное управление»

Адрес: 194223, г. Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д. 1, лит А

[www.ntcees.ru](http://www.ntcees.ru)

E-mail: [ntc@ntcees.ru](mailto:ntc@ntcees.ru)

Телефон +7 (812) 297-54-10