

## Отзыв

официального оппонента Соломина Е.В, д.т.н., доцента на диссертационную работу Агъекум Эфраим Бонах «Исследование потенциала ветровой и солнечной энергии в Республике Гана и научное обоснование площадок для размещения ВЭУ и СЭС» (Study of the potential of wind and solar energy in the Republic of Ghana and scientific justification of sites for the installation of WPP and SPP)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5.

### Энергетические системы и комплексы

**Актуальность темы-**В настоящее время на долю ВИЭ Ганы приходится лишь 0,5 % энергетического баланса, что руководством страны было признано крайне неадекватным, учитывая огромные ресурсы ВИЭ. Поэтому к 2030 году правительство Ганы планирует увеличить состав ВИЭ в энергетическом балансе страны примерно до 10%. В связи с отмеченным, актуальность работы по возобновляемой энергетике для Ганы сомнений не вызывает.

### Структура и объем дипломной работы.

Диссертация содержит введение, 5 глав, заключение, список литературы из 245 наименования и приложений. Всего в диссертации 224 страниц, 114 рисунков и 37 таблиц.

В разделе «**введение**» представлена актуальность темы диссертации и цель диссертационного исследования.

**Первая глава** охватывает обзор текущего состояния энергетики в стране потенциала ВИЭ Ганы, описание различных возобновляемых источников энергии, имеющихся в стране: солнечных, ветряных, биоэнергетических, волновых и гидроресурсов. Представлен принятый в ноябре 2011 года парламентом Ганы «Закон о возобновляемых источниках энергии» (Закон 832), который направлен на обеспечение правовой основы

развития ВИЭ. Показана организационная структура электроэнергетического сектора страны, и описано очень слабое развитие ВИЭ в настоящее время. Представлены задачи исследования

**Вторая глава** посвящена ветряной энергетике Ганы. Для определения мест размещения будущих ВЭУ был использован метод, включающий в себя комбинацию пространственного многокритериального анализа (MCDM), кластеризацию на основе плотности DBSCAN (впервые предложен Мартином Эстером, Хансом-Петером Кригелем, Йоргом Сандером и Сяовой Сюй, Германия) и метод анализа иерархии (АНР) для выявления и ранжирования потенциальных географических областей страны при проектировании ВИЭ. Эта комплексная методология обеспечивает автоматизированную процедуру оптимизации контуров границ территорий с использованием метода кластеризации на основе плотности DBSCAN. Выполнен технико-экономический анализ потенциальных ветряных электростанций для всех вероятных площадок по всей стране.

**В третьей главе** представлена оценка участков для размещения и разработки солнечных фотоэлектрических станций в Гане с использованием сочетания многокритериального принятия решения (АНР) и DBSCAN в среде QGIS, по аналогии с главой 2. После применения критериев оценки территории Ганы на основе методики АНР, её (территорию) подвергают кластеризации на основе плотности (DBSCAN), чтобы определить наиболее эффективные территориальные кластеры ФЭП для установки солнечных фотоэлектрических станций.

**В четвертой главе** представлена оценка технико-экономического анализа использования ресурсов солнечной энергии в Гане. При рассмотрении потенциала солнечной энергии были рассмотрены две технологии: фотоэлектрические СЭС и термодинамические солнечные электростанции. Для выполнения анализа территория страны была

разделена на три участка: северный, средний и южный, которые имеют разнящиеся погодные характеристики. Для проведения экономического анализа с целью оценки целесообразности электростанций использовались критерии нормированной стоимости электроэнергии (LCOE) и чистой текущей стоимости (ЧТС).

**В пятой главе** представлены три разработанных способа снижения температуры панелей ФЭП, что очень важно для Ганы, которая расположена в тропиках с высокими температурами, что влияет на производительность модулей ФЭП.

В заключении сформулированы результаты и выводы по диссертации.

#### **Научная новизна диссертационного исследования**

1. Впервые выполнена оценка потенциала солнечной энергетики и энергии ветра в трех географических зонах территории Республики Ганы: северной, центральной и южной.
2. Впервые на основе использования комплексной методики DBSCAN и АНР определены территории Ганы для солнечных и ветряных электростанций с учетом существующих линий электропередач и потенциальных объектов потребления.
3. Автором разработан и реализован эффективный двухповерхностный способ охлаждения ФЭП для экваториальных стран с жарким климатом, позволяющий повысить КПД солнечных станций.
4. Разработан и реализован способ охлаждения ФЭП, использующий комбинацию ребер из алюминия и материала с фазовым переходом (парафиновый воск), что позволило повысить КПД в условиях экваториальных стран.
5. Предложена и реализована комбинация ультразвукового увлажнителя и ребер из алюминия для эффективного охлаждения панели ФЭП для экваториальных стран.

## **Степень обоснованности и достоверности научных результатов, выводов и положений**

Достоверность результатов работы обеспечивается использованием известных, зарекомендовавших себя методов расчета, проверенного программного обеспечения, а также сравнением полученных данных с экспериментальными данными других авторов.

Основные результаты представлены в 25-ти публикациях, из них 23 статей опубликованы в зарубежных изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science; 2 статьи опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ.

### **Вопросы и замечания:**

1. Как определялись весовые значения для всех переменных при выборе площадки для солнечной и ветровой электростанций?
2. Почему эксперименты проводились всего за один день?
3. Как вы определили согласованность в анализе методом АНР и какой процент несогласованности был приемлемым для этого метода?
4. Почему концентрированные солнечные электростанции были смоделированы только для двух площадок в стране? (Почему не несколько территориальных районов?)
5. Известно, что солнечные электростанции со временем деградируют. Какова скорость деградации, которую вы рассматривали при моделировании концентрированных солнечных электростанций?
6. Чем на рис. 4.39 объясняется высокая нагрузка в период с 9 утра до 7 вечера?

