

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)  
по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика»

**Исаева Жазира Рахатдиновна**

### **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДВОДНОЙ ВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С АВТОМАТИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМОЙ МАССОЙ ПОПЛАВКА**

Диссертационная работа посвящена разработке конструкции и исследованию новой подводной волновой электростанции созданной на базе параллельного манипулятора и имеющего поплавок с автоматически изменяемой массой.

**Актуальность работы.** Известно, что поверхностные волны больших водных пространств (океанов, морей, больших озер) обладают огромным запасом энергии [1,2]. Для извлечения и использования этой энергии применяются различные волновые источники энергии [3]. Теория преобразования энергии волн, применяемые технологии и устройствах волновых электростанций (ВлЭС) описаны, например, в работах [4-6]. Как показывает анализ этих работ, для извлечения энергии движущихся водных масс используются в основном полавки цилиндрической формы, а в качестве преобразователей энергии - конструкции в виде штока и цилиндра. Следует отметить, что существующие технологии и технические средства не позволяют получить высокий коэффициент полезного действия т.к. используют энергию только вертикального движения водных масс [7]. Успешному развитию волновой энергетики и её широкому применению препятствуют ряд проблем, существенными из которых являются низкая производительность ВлЭС и их предрасположенность к разрушениям от динамики волн и коррозии [8]. Перечисленные недостатки делают актуальной задачу создания подводной поплавковой ВлЭС с системой эффективного преобразования энергии волн в электрическую энергию, а также защищенной от разрушительной динамики волн.

**Объектом исследования** в работе является конструкция и параметры новой подводной поплавковой ВлЭС эффективно преобразующей энергию волны в электрическую энергию за счет применения новой технология преобразования энергии движения водных масс, учитывающей пространственные движения водных масс.

**Цель работы** – обосновать и создать конструкцию новой подводной поплавковой ВлЭС, создать аппарат для численных расчетов, произвести исследования и выбрать параметры манипуляторного преобразователя энергии волн. Исследовать и выбрать структуру системы управления поплавковой волновой электростанции (ПВлЭС) и системы обора мощности, а также системы генерирования электрической энергии.

**Идея работы** заключается в том, что учитываются пространственные

движения водных масс. При этом на первом этапе для преобразования энергии движения поплавок в движение шести актуаторов манипулятора предлагается применить шестиподвижный манипулятор SHOLKOR [9]. Так же идея заключается в том, чтобы обосновать и выбрать новую эллипсоидную форму поплавок с аэродинамическим профилем в сечении имеющую две полости для управления массой поплавок. Предложена гидродинамическая система генерирования электрической энергии. Рассматривается расположение ПВлЭС под водой, т.к. это предохранит электростанцию от разрушительных действий волн.

#### **Научная новизна:**

- Предложена новая эффективная волновая электростанция и технология преобразования энергии движущейся водной массы (волны) в электрическую энергию, которые заключаются в том, что поплавок ВлЭС с аэродинамическим профилем сечения «захватывает» кинетическую энергию волны и совершает пространственные движения, которые на первом этапе преобразуются с помощью параллельного манипулятора в шесть поступательных движения гидравлических актуаторов; на втором этапе движение гидравлических актуаторов через гидравлическую среду и гидромоторы приводит в движение синхронный электрический генератор.
- Разработана динамическая модель ПВлЭС;
- Для повышения эффективности функционирования ПВлЭС предложена система автоматического управления плавучестью поплавок путем изменения массы поплавок в зависимости от динамики волн;
- Создана система генерирования электрической энергии, основанная на гидродинамических усилиях передаваемых посредством жидкости от актуаторов манипулятора к гидромоторам соединенным с валом электрической машины, генерирующей электрический ток.

#### **Задачи исследования:**

- Получить математический аппарат, результаты научных и экспериментальных исследований, компьютерные модели и программы, которые позволят создать объект возобновляемой энергетики в виде ПВлЭС.
- Сформировать систему управления ПВлЭС, основанную на автоматическом изменении массы поплавок в зависимости от высоты волн.
- Создать гидравлическую систему отбора мощности и генерирования электрической энергии.

#### **Основные научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту:**

- Динамическая модель ПВлЭС;
- Действующая демонстрационная модель ПВлЭС;

- Обоснование конструкции ПВлЭС, эффективно использующей полную кинетическую энергию пространственного движения водной массы;
- Результаты компьютерного исследования профиля поплавок;
- Результаты экспериментального исследования модели ПВлЭС для установления зависимости приращения массы поплавок от высоты волн;
- Результаты исследования и расчета гидродинамической системы генерирования электрического тока ПВлЭС.

**Методы исследования:** Для решения поставленных задач в диссертации использовались фундаментальные положения теоретических основы механики жидкости, теории гидроаккумулирующих электростанций, теории нелинейных систем автоматического управления. При решении некоторых задач использовались методы компьютерного моделирования с применением программных продуктов Autodesk Flow Design, MatLab, MatCad. Использовались методы искусственного интеллекта FuzzyLogicToolbox в среде Matlab, методы экспериментального исследования с применением информационно измерительной системы и SimaticWinCC.

**Практическая значимость полученных результатов заключается в:** создании научной базы и инструментарий для создания и внедрения объекта возобновляемой энергетики в виде подводной поплавковой волновой электростанции.

**Обоснование и достоверность результатов и выводов.** Научные положения, результаты исследования и выводы подтверждены путем публикации основных положений в международном рецензируемом журнале и в журналах рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки, а также публичным обсуждениями на международных и Республиканских конференциях. Работоспособность предложенного технического решения подтверждена созданием действующего прототипа ПВлЭС и его испытанием в аквариуме и в естественном водоеме.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, основной части из четырех глав, заключения. Объем диссертации составляет 107 страниц машинописного текста, содержит 34 рисунка, 3 таблиц, списка использованных источников, включающих 107 наименований, 6 приложений.

**Содержание работы.** В введении обоснована актуальность проблем возобновляемой энергетики в РК и за ее пределами. Сформулированы цели и задачи диссертации, определены научная новизна, научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту, практическая значимость результатов исследований.

В первой главе изложено обзор и анализ состояния возобновляемой энергетики и волновой энергетики, перспективы развития волновой энергетики, технология преобразования волн. В результате сформированы задачи диссертации.

Во второй главе приведен обоснование и разработка конструкции

подводной ПВлЭС на базе параллельного манипулятора. В этой главе указано, что более эффективное преобразование энергии волн должно заключаться в извлечении энергии шести движений водных частиц. Описана изготовленная действующая демонстрационная модель ПВлЭС. Приведены результаты испытаний в аквариуме и на естественном водоеме при небольшой волне, которые подтвердили функциональные возможности ВлЭС и что она вырабатывает электрическую энергию за счет извлечения энергии движения воды. В этой главе приведены преимущества новой ПВлЭС, которые заключаются в следующем: во-первых, технология преобразования всех пространственных движений поплавок в организованные поступательные движения шести актуаторов позволяет повысить производительность ВлЭС в шесть раз; во-вторых, гидравлическая система отбора мощности позволяет преобразовать движения всех шести актуаторов во вращательное движение вала генератора; в третьих, применение двухполостного поплавок позволяет управлять массой поплавок в зависимости от динамики волн; в четвертых, расположение поплавок под водой защищает ПВлЭС от разрушительных действий волн, повышая срок его эксплуатации;

В третьей главе разработана динамическая модель поплавковой волновой электростанции с манипуляторным преобразователем. В этой главе получен математический аппарат позволяющий численно определить и выбрать конструктивные параметры ВлЭС, обеспечивающие его эффективное функционирование. Также составлен алгоритм для вычисления скоростей движения актуаторов и усилий действующих на актуаторы.

В четвертой главе проведено исследование и выбор параметров системы управления и генерирования электрической энергии ВлЭС. В этой главе предлагается применить для управления мощностью преобразования энергии водной массы метод регулирования изменением массы двухполостного поплавок. Экспериментальным способом получено выражение для управляющего воздействия, направленного на автоматическое изменение массы поплавок в зависимости от высоты волны. Здесь также сформирована информационно-измерительная система и функциональная схема системы автоматизации управления ПВлЭС и массой поплавок. Проведены энергетические расчеты подтверждающие возможность практической реализации конструкции ПВлЭС. На основе анализа электрических машин выбрана синхронная машина с инвертором и промежуточным контуром. Сформирована функциональная схема управляемой системы генерирования ПВлЭС.

В заключении к диссертационной работе приведены следующие основные результаты полученные в диссертационной работе:

- Дано обоснование и создана конструкция новой подводной поплавковой волновой электростанции, работа которой основана на новой технологии преобразования энергии волны в электрическую энергию.

- Создана действующая модель ПВлЭС и проведены испытания подтвердившие функциональные возможности.
- Создан аппарат для численных расчетов конструктивных параметров ВлЭС с применением компьютера.
- Исследованы и выбраны параметры первичного манипуляторного преобразователя энергии волн.
- Для обеспечения эффективного функционирования ПВлЭС независимо от динамики волн, предложена конструкция поплавка, позволяющая управлять массой поплавка.
- Исследованы и выбраны структура и параметры системы автоматизированного управления поплавком и подводной ПВлЭС.
- Выбрана гидродинамическая системы обора мощности.
- Создана управляемая система генерирования электрической энергии подводной ПВлЭС.

**Область применения** это энергоснабжение с помощью волновой электростанции населения проживающего в прибрежных зонах больших водных пространств. ПВлЭС может быть использована для электроснабжения плавающих нефтяных и газодобывающих платформ.

**Личный вклад соискателя** заключается в решения поставленных в диссертации задач с использованием фундаментальных положений теоретических основы механики жидкости, теории гидроаккумулирующих электростанций, теории нелинейных систем автоматического управления. Создании демонстрационного образца и проведении экспериментальных исследований. При решении ряда задачи спользовались методы компьютерного моделирования с применением различных программных продуктов.

**Апробация результатов диссертации и публикации.** Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили одобрение:

- на научно – технических семинарах КарГТУ;
- на 11 международных конференциях и научно-технических журналах входящих в рекомендации ККСОН, в том числе - 1 зарубежной.

Также основные положения диссертации содержатся в следующих публикациях автора:

1.Шоланов К.С., Исаева Ж.Р. Волномерные буи в ряду современной энергетики А4 //Науч.тр. Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 10) . – Караганда: КарГТУ, 2018 – Ч. 2 – С. 246-248

2. Исаева Ж.Р., Бакытжанқызы А. Определение плавучести поплавка по программе COMtoCSV // Науч.тр. X международной научно-практической конференции «Конкурентоспособность нации – основное условие

повышения благосостояния народа» посвященной 55-летнему юбилею Карагандинского государственного индустриального университета. – Темиртау: КГИУ, 2018 – Ч.2 – С.45-46

3. Исаева Ж.Р., Бақытжанқызы А. Геометрические характеристики первичного манипуляторного преобразователя // Науч. тр. Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 11) . – Караганда: КарГТУ, 2019 – Т. 3 – С. 48-50

4. Шоланов К.С., Исаева Ж.Р. Применение параллельного манипулятора SHOLKOR в качестве преобразователя энергии ВЭС// VII научно-практическая конференция с международным участием «Наука настоящего и будущего» Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина).- С-Петербург, РФ: 2019 – Т.1 – С.213-2015

5. Шоланов К.С., Исаева Ж.Р. Формирование динамической модели подводной ПВЭЭС// VII глобальная наука и интеграции 2019 «Центральная Азия международная научно-практический журнал». Нур-Султан: 2019 – Т.4 – С.225

6. Шоланов К.С., Исаева Ж.Р. Обоснование конструкции новой поплавковой волновой электростанции // Научно-технический журнал «Автоматика. Информатика» - Караганда: КарГТУ, 2019. – №2[45], - С.8-11.

7. Sholanov K.S., Issayeva Zh.R. Submerged float wave electric power station on the basis of the manipulator converter // « International journal of renewable energy research» Vol.9, No.3, 2019, Turkey, Scopus. С.1376-1387.

8. Шоланов К.С., Исаева Ж.Р. Управляемая поплавковая волновая электростанция // Вестник ПГУ им.С.Торайгырова. Павлодар: 2019 – В.№4 – С.195-207

9. Шоланов К.С., Исаева Ж.Р. Система генерирования электрической энергии поплавковой волновой электростанции // Вестник ПГУ им.С.Торайгырова. Павлодар: 2020 – В.№2 – С.205-2014.

10. Шоланов К.С., Исаева Ж.Р. Разработка алгоритма интеллектуального управления массой поплавка волновой электростанции // Вестник КазНИТУ им.К.И.Сатпаева. Алматы: 2020 – В.№4 – С.456-463.

11. Стажков С.М., Исаева Ж.Р. Конструкция новой поплавковой волновой электростанции // Науч. тр. Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 12) . – Караганда: КарГТУ, 2020 – Ч.1 – С.785-787.

#### **Список литературы использованной в Аннотации**

1 Wong, K. V. Recommendations for Water-Energy Nexus Problems, ASME J. Energy Resour. Technol., 2014, 136(3).

2 Barstow, S., Mørk, G., Mollison, D., Cruz, J. The wave energy resource. In: Ocean wave energy, Cruz, J. (Ed.), p. 93-132, Springer, Berlin, 2008.

3 Muetze A., Vining J. G.. Ocean Wave Energy Conversion - A Survey. Conference Record of the 2006 IEEE Industry Applications Conference Forty-First IAS Annual Meeting. Tampa, FL, USA, 2016.

4 Crus, J. 2008. Ocean waves energy. Berlin, Germany, Springer.

5 Babarit Aurélien. 2018. Ocean Wave Energy Conversion. Resource, Technologies and Performance, ISTE Press – Elsevier.

6 Falcão A. F. O. Modelling of Wave Energy Conversion, 2014, pp. 1–38,

7 Muliawan M. J., Gao Z., Moan T., and A. Babarit, “Analysis of a Two-Body Floating Wave Energy Converter With Particular Focus on the Effects of Power Take-Off and Mooring Systems on Energy Capture Analysis of a Two-Body Floating Wave Energy Converter With Particular Focus on the Effects of Power Take-Off,” 2013.

8 Falcão A. F. de O. Wave energy utilization: A review of the technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 14, no. 3. 2010, pp. 899–918.

9 Sholanov K.S. Platform robot manipulator. WO/2015/016692. 05.02.2015.