

**ХАТТАМАДАН КӨШІРМЕ**

18.05.2023 ж. №18

**ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА**

№18 18.05.2023 г.

**Расширенного заседания кафедры автоматизации производственных  
процессов им. профессора В.Ф. Бырьки (АПП)**

Председатель – PhD Югай В.В., заведующий каф. (АПП)

Секретарь – PhD, доцент Смагулова К.К.

Присутствовали: 27 человек ППС кафедры АПП, докторанты 1, 2, 3 курсов и специалисты в области научных исследований докторантов.

Профессора: д.т.н. Фешин Б.Н., д.т.н. Смирнов Ю.М.

Научные консультанты: д.т.н., профессор Шоланов К.С., д.т.н., профессор Марко Чеккарелли.

Доценты: к.т.н. Каверин В.В., к.т.н. Каракулин М.Л., к.т.н. Авдеев Л.А., к.т.н. Боярский Э.Ф., к.т.н. Кызыров К.Б., к.т.н. Булатбаев Ф.Н., PhD Смагулова К.К., PhD Войткевич С.В., PhD Искаков У.К., PhD Калытка В.А., PhD Югай В.В., PhD Булатбаева Ю.Ф.

Ст. преподаватели кафедры АПП: PhD Иванов В.А., PhD Котов Е.С., Дайч Л.И., Сичкаренко А.В., Телбаева Ш.З., Потемкина Е.Б., Жумагулова Д.К., Лапина Л.М., Нурмаганбетова Ж.С., Лисицын Д.В., Эм Г.А., Шпакова Л.Г., Нурмагамбетова Гульмира С., Баландин В.С., Алдошина О.А., Крицкая Т.Б., Марквардт Р.В., Тохметова К.М.

Преподаватели: Лисицына И.Н., Хайруллина Э.К., Сүндет Г.Е., Сайфулин Р.Ф.

Докторанты: Каюмов Дамир Ирекович, Абильжанова Фариза Болатовна, Мұқатай Гүлден Өмірсерікқызы, Бахытжан Ақгүл Бахытжанқызы, Куаныштаева Айзада Елдосқызы, Телбаева Шынар Зарыкбековна, Усабаев Данияр Маратович, Жанат Арман Жанатұлы, Куликов Анатолий Петрович, Махмутова Сабина Махмутқызы, Аманкельдин Шокан Аманкельдыұлы, Әкімбай Раби Нұрбекұлы, Сембиев Сакен Курмангазиевич.

Специалисты в области научных исследований докторантов:

Зав. кафедрой ИВС PhD Калинин А.А.

Ст. преп. кафедры электроснабжения Казахского агротехнического научно-исследовательского университета им. С.Сейфуллина PhD Нурмаганбетова Г.С.

Технический директор ТОО «KAZPROM АВТОМАТИКА» Лепехов Д.А.

Специалист по техобслуживанию и ремонту систем автоматизации угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау» Костливцев А.В.

Рецензенты:

Ст. преп. кафедры электроснабжения Казахского агротехнического научно-исследовательского университета им. С. Сейфуллина PhD Исаева Ж.Р.,

Ст.преп. кафедры электроснабжения Таразского университета им. М.Х. Дулати PhD Кабанбаев А.Б.

Диссертант: Омаров Ануар Серикович.

## ПОВЕСТКА ДНЯ

**НАУЧНОЕ СООБЩЕНИЕ:** по диссертационной работе **Омарова Ануара Сериковича** на тему «**Исследование параметров и разработка модулей автоматически управляемой ветроэлектростанции с качающимся зонтовым парусом**» на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 – «Электроэнергетика».

**Председатель:** Диссертант кафедры АПП Омаров А.С. завершил диссертационную работу на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 – «Электроэнергетика» на тему «Исследование параметров и разработка модулей автоматически управляемой ветроэлектростанции с качающимся зонтовым парусом».

В соответствии с Типовым положением Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК о диссертационном совете перед защитой диссертации мы должны заслушать доклад соискателя Омарова А.С.

Защита предполагается в Диссертационном Совете по специальности 8D07103 «Электроэнергетика» при КазНИТУ им. К.И.Сатпаева в городе Алматы.

Соискатель Омаров А.С. обучался в очной докторантуре по специальности 8D07103 «Электроэнергетика» в Карагандинском техническом университете имени Абылкаса Сагинова в период с 1 сентября 2019 г. по 30 июня 2022 г.

Научные консультанты: д.т.н., профессор Шоланов К.С.; PhD, профессор Sessarelli Marco Римский университет Тор Вергата (Tor Vergata), г.Рим (Италия).

**СЛУШАЛИ:** доклад Омарова А.С.

Экологическая ситуация в мире, связанная с глобальным потеплением, приводит к необходимости замещения органического топлива, загрязняющих окружающую среду, возобновляемыми источниками энергии. Доступная энергия ветра, которая может быть преобразована в другие виды энергии, приблизительно  $1,26 \times 10^9$  МВт. Так как это значение в 20 раз превышает глобальное потребление энергии, то энергия ветра в принципе может удовлетворить все энергетические потребности мира. В связи с этим вопрос преобразования ветра в электрическую энергию является наиболее актуальным среди возобновляемых источников энергии.

В настоящее время широкое распространение приобрели турбинные ветровые электростанции (ТВЭС) с вертикальным и горизонтальным расположением роторов, работающие соответственно за счет сил сопротивления и подъема. Анализ исследований в области ветроэнергетики показывает, что они в основном направлены на совершенствование ТВЭС и предусматривают решение следующих актуальных проблем: оптимизацию

преобразовании энергии ветра, например, путем демпфирования энергоколебаний в системе; мониторинга окружающих условий и работоспособности ТВЭС, используя большие данные; модернизации систем управления, например, используя контроллеры на основе наблюдателей возмущений; исследования аэродинамики лопастей. Однако для ТВЭС проблемой является непредсказуемость ветра, скорости и силы порывов ветра, часто изменяющиеся в короткие отрезки времени, а также то, что нижняя границей диапазона скоростей ветра, при котором функционируют с номинальной мощностью ТВЭС, как правило, достаточно высока - более 10 м/с при максимальном КПД равном 0.3. В этой связи применение ТВЭС неэффективно на обширных территориях с населением и производственными мощностями, в которых средняя скорость ветра равна 3-6 м/с.

Ведется поиск оптимальных ветровых преобразователей и предлагаются новые решения, к которым можно отнести парусные ветроэлектростанции (ПВЭС). К настоящему дню в мировой практике не в полной мере исследованы разработки, направленные на интегрированное и комплексное решение проблемы создания ветрового источника малой возобновляемой энергетики способного удовлетворить производственные мощности и потребности населения территорий с малой скоростью ветра (от 2,5 м/с), при непредсказуемо изменяющемся направлении и величине скорости ветра вплоть до ураганного.

**Цель работы** заключается в модернизации ПВЭС с качающимся парусом путем анализа, выбора параметров и разработки конструкций основных модулей, а именно: зонтового паруса, демпфирующей системы, системы отбора мощности и генерирования электроэнергии.

**Идея работы** заключается в том, что предлагается совершенствовать возобновляемый ветровой источник электрической энергии с пространственно-качающимся парусом на базе параллельного манипулятора. Решается проблема расширения территории использования ветровых источников возобновляемой энергетики за счет того, что парусная ВЭС вырабатывает электрическую энергию требуемой мощности при скоростях ветра от 2,5 м/с и выше.

**Практическая значимость** полученных результатов заключатся в разработке автономной парусной ВЭС с качающимся зонтовым парусом, вырабатывающей электрическую энергию при малых ветрах (от 2,5 м/с) независимо от направления и скорости ветра. Результаты диссертационной работы использовались при выполнении проекта грантового финансирования ИРН АР09562116 «Разработка конструкций узлов опытного образца малой ветровой электростанции с качающимся парусным рабочим органом» и ИРН АР14869386 «Исследование, разработка совокупности конструкций и создание экспериментального образца автоматически управляемой парусной ветровой электростанции с качающимся рабочим органом».

#### **Решаемые задачи**

1. Проанализировать известные за рубежом и в Казахстане исследования по ветровой энергетике, способов и установок преобразования ветровой энергии в электрическую.

2. Исследовать характер изменения воздушных потоков и их влияние на зонтовой парус.

3. Разработать математические и имитационные модели модулей: зонтового паруса, демпфирующего устройства, системы обора мощности, генерирования и преобразования электрической энергии.

4. Разработать автоматические системы управления модулями и всей парусной ВЭС.

5. Проанализировать эффективность преобразования энергии модифицированной парусной ВЭС.

#### **Научная новизна**

1. Проведен анализ мгновенных значений характеристик ветра, полученных в результате эксперимента, проведенного в течение месяца в г. Караганде.

2. Методом компьютерного моделирования определены параметры зонтового паруса модернизированной ВЭС.

3. Произведен анализ парусной ВЭС путем декомпозиции на составляющие модули и последовательного отдельного анализа и разработки каждого из модулей.

4. На основе анализа энергетического баланса определено предварительное значение КПД ВЭС.

5. С помощью пакета прикладных программ смоделирована система управления ПДП и ее программная реализация для ПЛК.

6. Построена структура модуля системы генерирования, состоящая из контроллера заряда, аккумуляторов и инвертора.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Математические и имитационные модели зонтового паруса ВЭС с качающимся рабочим органом.

2. Данные характеристик ветра, полученные с помощью экспериментальной метрологической установки.

3. Алгоритм расчета и выбора параметров полуактивной системы подвески актуатора со встроенным генератором.

4. Структура модуля системы генерирования, включающая подключение шести синхронных генераторов на постоянных магнитах на общую шину постоянного тока.

5. Система управления модулями ВЭС: парусностью, демпфированием, генерированием электрической энергии.

6. Анализ эффективности модифицированной ВЭС на основе уравнений энергетического баланса, включающих параметры прототипа.

**Основные результаты выполненных исследований заключаются в следующем:**

- Проведен литературный обзор в области ветровой энергетики, в частности, недостатки современных ТВЭС, ранние исследования в области парусных ВЭС.

- Экспериментальный анализ динамических характеристики ветра по мгновенным показаниям скорости и направления, иллюстрирующие низкую среднюю скорость ветра в 2,358 м/с с резкими порывами, достигающими 20 м/с.

- Обоснована структура модуля зонтового паруса и его профиля благодаря аэродинамическим исследованиям зонтового паруса.

- Расчет и обоснование параметров модулей демпфирования и отбора мощности ПВЭС путем модернизации конструкции актуаторов, с целью повышения эффективности преобразования энергии ветра в электрическую энергию.

- Сравнительный анализ процесса преобразования кинетической энергии ветра, действующего на зонтовый парус и винт турбины, в электрическую энергию и определения КПД равной 0.5 вычисленного на основе уравнения энергетического баланса.

- Сравнительный анализ существующих систем генерации, доказывающий актуальность и обоснованность выбора силовых преобразователей AC/DC и DC/AC, с параллельным подключением шести PMSG генераторов между ними на общую DC шину для автономной ПВЭС.

- Для модулей парусности, демпфирования, генерации ПВЭС в целом разработаны алгоритмы управления и выполнена программная реализация автоматического управления.

- На основе полученных исследований получен патент и свидетельство об интеллектуальной собственности.

- Изготовлен опытный образец актуатора в результате выполнения в 2021 г. проекта грантового финансирования.

- В настоящее время производятся работы по созданию полноценного опытного образца ПВЭС в рамках грантового финансирования научного проекта на 2022-2024 гг.

**Основные результаты выполненных исследований изложены в публикациях, среди которых**

1. 1 статья в журналах, входящих в базу Scopus. Журнал «International Journal of Mechanics and Control» (Процентиль 46).

2. 3 статьи в журналах, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК.

3. 4 тезиса докладов на международных и республиканских конференциях.

4. 1 патент РК на изобретение «Ветровая электростанция с зонтовым парусом» №35684 от 27.05.2021. Бюл. №21.

5. 1 свидетельство интеллектуальной собственности: «Измерение мгновенных показаний скорости и направления ветра в г. Караганда» №21420 от 5.11.2021 г.

После представления основных результатов работы были заданы следующие вопросы:

**Профессор Фешин Б.Н.:** На какой конструкции предполагается установка паруса?

**Ответ:** Парус будет установлен на вершине мачты и его регулирование будет происходить за счет механизма складывания/раскладывания. Конструкция паруса подробно описана в патенте, и в 1-ой главе диссертации.

**Зав. каф. АПП Югай В.В.:** Почему вы выбрали высоту ПВЭС 10 м?

**Ответ:** Одно из условий был выбор по прочности конструкции. Для ПВЭС мощностью 10 кВт оптимальной высотой является 10 м. Свыше этого значения

установка становится неустойчивой, возникают критические углы колебаний рабочего органа.

**Зав. каф. АПП Югай В.В.:** Почему выбрали график продолжительностью 100 секунд для представления скорости и направления ветра?

**Ответ:** Это достаточный промежуток времени, чтобы показать динамичность ветра.

**Зав. каф. АПП Югай В.В.:** Какой промежуток времени был выбран для измерения динамичности ветра?

**Ответ:** В течение месяца с 20 октября по 20 ноября 2022 года.

**Зав. каф. АПП Югай В.В.:** Принципиальная схема генерирования представляет собой типовое решение, в чем тогда заключается исследование?

**Ответ:** В установке используется шесть генераторов. Основная проблема заключается в подключении на общую шину. Представлено схема решения для этой проблемы.

**Зав. каф. АПП Югай В.В.:** По графику моделирования рабочего органа не видно, какая мощность вырабатывается, какие граничные условия?

**Ответ:** Данная модель в ППП Матлабе прежде всего использовалась для обоснования работоспособности установки при минимальных условиях т.е. скорость ветра составляла 2,5 м/с, при этом установка показывала колебания каретки.

**Доцент Каракулин М.Л.:** Цель работы модернизация ВЭС и для чего она нужна?

**Ответ:** Установка не показывала требуемых результатов для создания опытного образца. Недостаток исследований и ограничения предыдущих исследований сподвигли к модернизации ПВЭС.

**Доцент Каракулин М.Л.:** Получение КПД является научной новизной?

**Ответ:** При вычислении КПД использовались не стандартные методы определения, с помощью уравнений энергетического баланса.

**Зав. каф. ИВС Калинин А.А.:** Почему Вы решили, что колебания возникли от воздействий ветра, в диссертации это как то отражено?

**Ответ:** Конечно, это было доказано еще ранее. В первой главе, с помощью демонстрационной установки было доказано влияние воздушных потоков на колебания рабочего органа.

**Ст. преп. Эм Г.А.:** В основных положениях, выдвинутых на защиту, математические и имитационные модели. Их раньше не было?

**Ответ:** После модернизации получили новые модели.

**Ст.преп. Иванов В.А.:** Какие колебания создаются в рабочем органе?

**Ответ:** Возникают вертикальные и горизонтальные колебания, за счет сил подъема и сопротивления, возникающих в результате воздействия ветра.

**Ст.преп. Иванов В.А.:** По какому критерию был выбран профиль паруса?

**Ответ:** По полученным коэффициентам подъемной силы и силы сопротивления.

**Ст.преп. Иванов В.А.:** Почему выбран профиль NASA? По таблице, я считаю, третий профиль А35 лучше.

**Ответ:** Действительно, оба профиля подходят для зонтового паруса рабочего органа, что было отмечено в диссертации и статьях. А35 лучше по

параметрам сил сопротивления, но уступает в подъемных силах, которые влияют на колебания в большей степени.

**Ст.преп. Иванов В.А.:** Почему был выбран синхронный генератор на постоянных магнитах?

**Ответ:** В результате сравнительного анализа синхронный генератор на постоянных магнитах имеет преимущества, такие как, эффективность, диапазон максимальной скорости, не обязательно наличие редуктора, реактивная и активная мощность полностью контролируется, высокая надежность.

**Ст.преп. Иванов В.А.:** Какие генераторы сравнивались?

**Ответ:** Асинхронные, синхронные генераторы переменного тока и генераторы постоянного тока и их разновидности, такие как, асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором, асинхронные генераторы с двойным питанием и т.д.

### **ВЫСТУПИЛИ:**

1. Научный консультант, д.т.н., профессор Шоланов К.С. дал характеристику диссертационной работе и отметил, что диссертационная работа Омарова А.С. выполнена на актуальную тему, является законченной научной квалификационной работой, содержит новые обоснованные научные результаты и положения. Шоланов К.С. отметил, что Омаров А.С. в процессе работы над диссертацией зарекомендовала себя как специалист, способный на высоком профессиональном уровне решать сложные задачи. Работа соответствует требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан к диссертационным работам, а ее автор Омаров А.С. рекомендуется к защите диссертационной работы на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 – «Электроэнергетика».

2. Председатель зачитал отзыв зарубежного научного консультанта, профессора Римского университета Тор Вергата М. Сессагелли, который отметил, что диссертационная работа Омарова А.С. выполнена на актуальную тему, является законченной научной квалификационной работой, содержит новые обоснованные научные результаты и положения в области возобновляемой энергетики. Учитывая актуальность и объем выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов в обосновании и разработке автоматически управляемой парусной ветровой электростанции с качающимся парусом, считает, что диссертационная работа полностью соответствует всем требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, предъявляемым к диссертационным работам, а ее автор Омаров А.С. заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 – «Электроэнергетика».

3. Рецензент PhD, ст. преподаватель Исаева Ж.Р. в своем выступлении отметила, что работа Омарова А.С. выполнена на высоком уровне и решает актуальную задачу, содержит совокупность новых обоснованных научных результатов, имеет внутреннее единство и отвечает действующим

нормативным требованиям. Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым КОКСНВО МНВО РК, а ее автор Омаров А.С. заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07103 - «Электроэнергетика».

4. Рецензент PhD, ст. преподаватель Кабанбаев А.Б. отметил, что диссертационная работа Омарова А.С. является законченным научным трудом по таким признакам, как актуальность работы, новизна результатов, их обоснованность и достоверность, объем исследований, научная и практическая значимость, и имеет вполне определенное значение для развития электроэнергетики. Диссертация соответствует направлениям развития науки, паспорту специальности 8D07103 – «Электроэнергетика», а также требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК к докторским диссертациям (PhD), а ее автор – Омаров А.С. заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 – «Электроэнергетика».

5. PhD, доцент, председатель научно-технического совета Смагулова К.К., которая обратила внимание, что соискатель Омаров Ануар Серикович является выпускником бакалавриата, магистратуры и докторантуры кафедры АПП, на данный момент является сотрудником и коллегой. В процессе обучения в магистратуре обучался и окончил ФГОУ «Московский энергетический институт» в г.Москве. В МЭИ занимался исследованиями пневмоприводов мехатронной линии компании FESTO DIDACTIC. После окончания магистратуры долгое время возглавлял Научно-исследовательскую лабораторию «Robotics and Intelligent machines». Был исполнителем 3-х научно-исследовательских работ по грантовому финансированию.

### ПОСТАНОВИЛИ:

1. Диссертационная работа соискателя **Омарова Ануара Сериковича** имеет законченный характер и отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (PhD) по специальности 8D07103 «Электроэнергетика».

2. Диссертационная работа **Омарова Ануара Сериковича** на тему: «**Исследование параметров и разработка модулей автоматически управляемой ветроэлектростанции с качающимся зонтовым парусом**» соответствует классификатору специальности 8D07103 «Электроэнергетика».

3. Рекомендовать диссертацию **Омарова Ануара Сериковича** к защите в Диссертационном Совете по специальности 8D07103 «Электроэнергетика» при КазНТУ им. К.И.Сатпаева на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 «Электроэнергетика»

**Результаты открытого голосования:** за (с правом голоса) — 27; против — нет; воздержавшихся — нет.

Зав. кафедрой АПП  
Секретарь



Югай В.В.

Смагулова К.К.

