

**Заключение диссертационного совета 02.2.006.02 на базе
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет» и
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета 02.2.006.02 от 28.11.2023 г. протокол № 10/23

О ПРИСУЖДЕНИИ

**Черникову Вадиму Геннадиевичу
ученой степени кандидата технических наук**

Диссертация «Совершенствование систем управления специализированными энергоустановками на базе возобновляемых источников энергии» по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки) принята к защите «26» сентября 2023 г. диссертационным советом 02.2.006.02 (протокол №09/23) на базе ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» и ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, корпус 1, ауд. 203, Тел./факс: +7(856)304-30-55, e-mail: uchensovet@donntu.ru (приказ о создании диссертационного совета № 802 от 20.09.2018 г., приказы об изменении состава диссертационного совета № 1743 от 09.12.2019 г., №1550 от 08.12.2020 г. и №459 от 22.06.2022 г.).

Соискатель, Черников Вадим Геннадиевич, 1966 года рождения, в 1990 году окончил Донецкий политехнический институт по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок» (диплом НВ № 890785 от 04.06.1990 г.). Работает старшим преподавателем кафедры «Электрические станции» ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре прикладной математики и искусственного интеллекта ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Научный руководитель: Павлыш Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и искусственного интеллекта ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Официальные оппоненты:

1. ШЕВЦОВ ДМИТРИЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Прикладная математика и теория систем управления» ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Донецк;

2. ШЕХОВЦОВ АЛЕКСЕЙ ИГОРЕВИЧ, кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Управление на железнодорожном транспорте» ФГБОУ ВО

«Донецкий институт железнодорожного транспорта» Федерального агентства железнодорожного транспорта, г. Донецк.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию. **Ведущая организация** – Государственное учреждение «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по автоматизации горных машин» «Автоматгормаш им. В.А. Антипова», г. Донецк, в своем положительном заключении, подписанным первым заместителем директора по научной работе ГУ «Автоматгормаш им. В.А. Антипова», председателем научно-технического совета, д-ром техн. наук, профессором В.Г. Курносовым, указала, что диссертационная работа является завершённой научно-исследовательской работой, содержащей новые теоретические и практические положения, обладает научной новизной и практической значимостью. Обоснованность научных выводов и рекомендаций автора не вызывает сомнений, поскольку они подтверждены результатами имитационного компьютерного моделирования с использованием разработанных математических моделей, а также экспериментальными исследованиями. Представленная диссертационная работа отвечает требованиям п.2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, и требованиям паспорта научной специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки), в частности: п. 4 «Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами»; п. 5 «Научные основы, алгоритмическое обеспечение и методы анализа и синтеза систем автоматизированного управления технологическими объектами», а её автор – Черников Вадим Геннадиевич заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области научно-практических исследований систем управления технологическими объектами, а также наличием публикаций в соответствующей сфере исследований.

Соискатель имеет 16 опубликованных научных работ, в том числе: 1 работа в профессиональном издании ВАК Украины, 3 работы в изданиях, входящих в перечень специализированных научных изданий, утвержденный МОН ДНР, 4 – в других изданиях, 8 – по материалам конференций.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Черников, В.Г. Разработка метода оптимального управления системой ориентирования фотоэлектрического модуля / Черников В.Г., Павлыш В.Н. // Научный журнал «Информатика и кибернетика». – Донецк, 2021. – №4(26). – С. 14–21.
2. Черников, В.Г. Разработка методики определения параметров адаптивного дискретного регулятора скорости вращения ветроколеса / Черников В.Г. //

Международный рецензируемый научно-теоретический журнал «Проблемы искусственного интеллекта». – Донецк, 2022. – №1(24). – С. 13–28.

3. Павлыш, В.Н. Модификация алгоритма управления фотоэлектрическим модулем с применением 3-D технологий / Павлыш В.Н., Зори С.А., Черников В.Г. // Международный рецензируемый научно-теоретический журнал «Проблемы искусственного интеллекта». – Донецк, 2022. – №3(26) – С. 29-40.
4. Черников, В.Г. Оценка энергоэффективности работы ветроустановки в режиме максимальной мощности с использованием спектральной модели ветра Ван дер Ховена / Черников В.Г. // Научно-производственный журнал Кременчугского национального университета «Електромеханічні і енергозберігаючі системи». – Кременчуг, 2014. – №2(26). – С. 78–84.
5. Черников, В.Г. Стабилизация выходной мощности ветрогенераторных установок с асинхронным генератором средствами системы регулирования / Черников В.Г. // Научные труды ДонНТУ, серия «Електротехніка і енергетика». – Донецк, 2013. – №2(15) – С. 265–272.
6. Черников, В.Г. Совершенствование программы регулирования дискретного регулятора скорости вращения ветроколеса с использованием нейросети / Черников В.Г. // Материалы X Международной научно-практической конференции «Информационные технологии, проблемы и решения». – Уфа, УГНТУ, 24–27 мая 2022. №1(18) – С. 54–64.

На автореферат поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные. В них отражены актуальность исследования, дана оценка основным результатам, указаны замечания, а также сделаны положительные заключения о соответствии работы требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В отзывах содержатся следующие замечания:

1. **Насыров Ринат Ришатович**, кандидат технических наук по специальности 05.14.02 – Электростанции и электроэнергетические системы, доцент, доцент кафедры электроэнергетических систем ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва:

1.1. В названии диссертационной работы делается уточнение о «специализированных» энергоустановках, при этом в тексте автореферата не дается раскрытие этому уточнению.

1.2. В третьей позиции научных положений, выносимых на защиту, указана очевидная вещь. Предельный случай – жестко зафиксировать фотоэлектрический модуль против солнца, тогда любая система ориентирования будет существенно эффективнее.

1.3. В работе указано, что преимуществом полученных результатов относительно имеющихся подходов является учет конструкции. При этом утверждается, что трехканальное (полопастное) управление ВЭУ является наиболее эффективным. Но промышленность знает и двухлопастные ВЭУ. Учитывалась ли такая конструкция в моделях и при анализе?

2. **Пшихопов Вячеслав Хасанович**, доктор технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации, профессор кафедры электротехники и мехатроники, директор НИИ робототехники и процессов управления, **Костюков Владимир Александрович**, кандидат технических наук по специальности 01.04.03 «Радиофизика», доцент кафедры электротехники и мехатроники ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» г. Таганрог:

2.1. В автореферате не упоминается и не учитывается фактор неравномерности обдува ветроколеса вследствие наличия градиента скорости ветра по высоте, что может быть критичным дл горизонтально-осевых установок с большим диаметром ветроколеса.

2.2. Отсутствуют или не представлены в автореферате экспериментальные исследования ветроустановки, которые были бы проведены автором и подтверждали эффективность разработанной системы управления скоростью вращения ветроколеса и углами установки лопастей.

2.3. В автореферате отсутствует какое-либо описание структуры, качественных свойств и количественных параметров эффективности работы, использованной автором нейросети, адаптивно меняющей нелинейный коэффициент ветроколеса и долевого коэффициент лопастей в формировании общего момента ветроколеса.

2.4. При оценке энергоэффективности предложенной системы управления ориентированием фотоэлектрического модуля следовало бы провести эксперименты не только в условиях чистого неба, но и в условиях переменной облачности.

3. **Вальков Виктор Иванович**, доктор физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния, профессор, зав. отделом магнитных и резонансных свойств твердого тела ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк:

3.1. На странице 9 в формуле (1) при расчете задания на момент генератора автор не поясняет, каким образом учитывалась плотность воздуха, которая, несомненно, влияет на мощность ветроколеса.

3.2. На странице 14 автор упоминает, что энергоэффективность исследуемой одноосной системы ориентирования с наклонной осью приближается к эффективности двухосной системы, однако не указывает насколько.

4. **Ниценко Артем Владимирович**, Кандидат технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт проблем искусственного интеллекта» (ФГБНУ «ИПИИ»), г. Донецк:

4.1. При расчете максимальной длительности выполнения вычислительных операций по формуле (7), в случае реализации предложенной системы управления ветроустановкой на базе программируемого контроллера, автором получено расчетное значение 0,93 мкс, но не поясняется, обладают ли современные контроллеры требуемым быстродействием.

4.2 При оценке среднего значения коэффициента мощности ветроколеса в режиме частичной нагрузки по формуле (2) автор не поясняет, чем обусловлен выбор именно 10-минутного интервала времени.

5. Чернышева Оксана Александровна, кандидат технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки), доцент, доцент кафедры «Специализированные информационные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» (ДонНАСА) г. Макеевка:

5.1. В автореферате автор упоминает, что современные активные системы слежения за солнцем используют алгоритм определения солнечной позиции, но не поясняет, в чем состоит его суть.

5.2. На рисунке 6, при изображении структуры контура регулирования скорости вращения ветроколеса, содержимое некоторых звеньев описывается передаточными функциями, а некоторые звенья обозначены специфическими графическими обозначениями, следовало бы применять единообразный способ математического описания элементов контура регулирования.

6. Данилюк Данил Анатольевич, кандидат физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика, врио ученого секретаря ФГБНУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк:

6.1. При расчете параметров дискретного регулятора скорости вращения ветроколеса в соответствии с формулами (4) и (5) на странице 11 упоминается, что расчет некоторых коэффициентов происходит с использованием нейросетей, однако ничего не сказано об их структуре и параметрах.

6.2. На структурной схеме системы управления ориентированием фотоэлектрического модуля, приведенной на рисунке 8, показано, что сигнал реального значения скорости считывается при помощи аналого-цифрового преобразователя. Обеспечит ли разрядность применяемого АЦП достаточную точность при считывании сигнала скорости привода поворота?

7. Гладков Александр Юрьевич, кандидат технических наук по специальности 05.26.01 – Охрана труда (по отраслям) (технические науки), заведующий научно-исследовательской лабораторией искробезопасности научно-исследовательского отдела электрооборудования ГУ «Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности (МАКНИИ), г. Макеевка:

7.1. Структурная схема силовой части ветроустановки на рисунке 1 предполагает использование транзисторного активного выпрямителя, но автор ничего не упоминает о методе управления силовыми транзисторами.

7.2. На рисунке 7, демонстрирующем поведение основных параметров ветроустановки в различных режимах работы, следовало бы добавить разделительные линии, показывающие, где заканчивается один режим работы и начинается другой.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки):

- разработаны математические модели оценки скорости ветра, функционирования ветроколеса и генератора и усовершенствована методика определения параметров регуляторов, а так же методы формирования управляющих сигналов для основных контуров регулирования ветроустановки, проведено математическое моделирование работы усовершенствованной системы регулирования ветроустановки в различных режимах;
- разработан способ повышения эффективности и создана программа реализации алгоритма управления системой ориентирования фотоэлектрического модуля на базе программируемого логического контролера, проведена оценка эффективности предложенного метода управления системой ориентирования на экспериментальной установке.

Теоретическая значимость результатов работы заключается в раскрытии особенностей формирования сигналов управления и определения параметров регуляторов в системах управления ветрогенераторными и фотоэлектрическими установками применительно к различным режимам работы и обосновании предложенных методов управления с точки зрения улучшения динамических параметров системы регулирования и повышения энергоэффективности работы установок.

Научная новизна полученных результатов:

- 1) впервые на основе использования нейронной сети разработана математическая модель, которая описывает зависимость коэффициента мощности ветроколеса от быстроходности и pitch-угла лопасти, использование предложенной модели позволяет в режиме ограничения снизить отклонения мощности ветроустановки от заданной с 7–8% до 2%, разработанная математическая модель ветроколеса позволила повысить точность метода формирования управляющих сигналов, а также методики определения параметров регуляторов для основных контуров регулирования ветроустановки;
- 2) впервые разработан расчётный метод определения скорости ветра перед ветроколесом по мгновенным значениям момента ветроколеса и pitch-угла лопасти, который позволяет усовершенствовать работу системы регулирования ветроустановки в условиях эффекта затенения башни;
- 3) обоснован метод управления одноосной системой ориентирования фотоэлектрического модуля с наклонной осью, проведена оценка его энергоэффективности.

Практическая значимость полученных результатов. Разработанная программа управления системой ориентирования фотоэлектрического модуля позволяет провести оценку повышения энергоэффективности ориентируемого

модуля по сравнению с зафиксированным модулем на экспериментальной установке

Применение математической модели системы регулирования ветрогенераторной установки позволяет выбрать оптимальные параметры регуляторов и оценить поведение основных параметров ветроустановки в режимах пуска, частичной и полной нагрузки генератора.

Использование предложенного расчётного метода определения скорости ветра в различных частях плоскости вращения ветроколеса позволяет реализовать принцип отдельного управления лопастями для более точного поддержания заданной мощности ветроустановки и уменьшения колебаний аксиального усилия, метод может применяться при проектировании системы регулирования ветроустановки и расчёте её конструктивных параметров.

Практическая ценность исследований подтверждается справкой о внедрении в учебный процесс ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (справка № 30-12/164а от 29. 12. 2022 г.) об использовании в учебном процессе при проведении лабораторных занятий по дисциплинам «Оптимальное управление возобновляемыми источниками энергии», «Управление ветровыми электроустановками», «Фотоэлектрические автономные системы», «Микропроцессорные системы управления возобновляемыми источниками энергии» по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», а так же справкой о внедрении в ГБУ «НИИВЭ» (справка о внедрении № 1/561 от 11.10.2022 г.).

Оценка достоверности результатов исследования обеспечивается результатами математического моделирования при решении поставленных задач в компьютерной среде и результатами натурных экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в обосновании идеи работы и ее реализации, в решении научно-практической задачи усовершенствования систем управления ветрогенераторных и фотоэлектрических установок, в выборе методов и направлений исследований, выполнении теоретических, аналитических и экспериментальных исследований, разработке положений и методических рекомендаций по использованию результатов работы. Все результаты и положения, составляющие основное содержание диссертации, вынесенные на защиту, получены автором самостоятельно.

На основании вышеизложенного представленная диссертационная работа Черникова Вадима Геннадиевича «Совершенствование систем управления специализированными энергоустановками на базе возобновляемых источников энергии» является завершённой научно-исследовательской работой, в которой решена актуальная научно-практическая задача создания модифицированной системы управления ветрогенераторной установкой, в том числе разработана математическая модель системы регулирования и метод определения параметров регуляторов, а также разработана программа пользователя и аппаратное обеспечение системы ориентирования фотоэлектрического модуля, что позволяет повысить эффективность работы специализированных энергоустановок на базе

возобновляемых источников энергии. Работа отвечает требованиям п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки).

На заседании от «28» ноября 2023 г. диссертационный совет принял решение: присудить Черникову Вадиму Геннадиевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета 02.2.006.02
при ФГБОУ ВО «ДонНТУ»
и ФГБОУ ВО «ДонГУ»,
д-р техн. наук, профессор


В.В. Данилов

Ученый секретарь диссертационного
совета 02.2.006.02
канд. техн. наук, доцент




Т.В. Завадская

28 ноября 2023 года