

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.05, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 июня 2022 г. № 2022-17

О присуждении Палкину Георгию Александровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Управление электротехническим комплексом участка первого подъема в сложных природных условиях эксплуатации» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 28 апреля 2022 г. (протокол заседания № 2022-12) диссертационным советом Д 212.298.05, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр-т им. В.И. Ленина, 76; приказ о создании диссертационного совета – № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Палкин Георгий Александрович, 04 марта 1989 года рождения, в 2012 году окончил с отличием федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Забайкальский государственный университет». С 2012 года по 2016 год обучался в очной аспирантуре на кафедре электроэнергетики и электротехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет». В настоящее время работает в должности заведующего лабораторией кафедры информатики, вычислительной техники и прикладной математики энергетического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре энергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Батухтин Андрей Геннадьевич, декан энергетического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет».

Официальные оппоненты:

1. Карякин Александр Ливиевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры электрификации горных предприятий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург;

2. Менакер Константин Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электроснабжение» Забайкальского института железнодорожного транспорта – филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», г. Чита – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск – в своём положительном отзыве, подписанном профессором кафедры электропривода и электрического транспорта, д-ром техн. наук, профессором Дунаевым М.П., а также заведующим кафедрой электропривода и электрического транспорта, канд. техн. наук, доцентом Арсентьевым О.В., и утвержденном д-ром техн. наук, доцентом Корняковым М.В., ректором ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», указала, что целесообразно внедрение в опытную эксплуатацию разработанной системы управления и компьютерной модели электротехнического комплекса участка первого подъема, а диссертационная работа Палкина Георгия Александровича по объему исследований, их глубине, научной и практической значимости удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук согласно «Положению о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842) и ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 93 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 25 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ (2 - для спец. 05.09.03, 3 - для спец. 05.13.00), 1 статья в других рецензируемых научных

изданиях, 3 работы в изданиях, индексируемых базой Scopus/Web of Science, 2 патента РФ на изобретение, 2 свидетельства о регистрации программ ЭВМ, 1 учебное пособие.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. **Палкин, Г.А.** Оптимизация параметров функционирования электротехнического комплекса водоподъемных участков в арктических климатических условиях / Г.А. Палкин // Российская Арктика. – М.: ООО «Центр информационного и правового обеспечения развития Арктики», 2021. – № 13. – С. 81-104. (24 с.) DOI: 10.24412/2658–4255–2021–2–81–104.

2. **Палкин, Г.А.** Исследование оптимального метода управления электроприводами насосов первого подъема, эксплуатируемых в условиях отрицательных температур / Г.А. Палкин, А.Ф. Гайсин // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. – 2021. – № 23(3). – С. 209-223. (15 с./11 с.) DOI: 10.30724/1998-9903-2021-23-3-194-208.

3. **Palkin, G.** Simulation Modeling of First Rise Section of Water Supply System with Installed Complex of Automatic Pump Performance Control / G. Palkin, I. Suvorov // Machines 2021. – Volume 9. – Issue 3. – P. 63. (32 с./25 с.) URL: <https://doi.org/10.3390/machines9030063>.

4. Пат. 2593649С1 Российская Федерация МПК G05D 9/00, G05D 7/00, G05D 23/00 Способ регулирования уровня жидкости в емкости-сборнике и цифровая система для его осуществления / **Г.А. Палкин, Р.В. Горбунов, И.Ф. Суворов, Д.А. Дейс**; патентообладатель Заб. гос. ун-т. – №2015118302/28; заявл. 15.05.2015; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22. – 10 с.: ил. (10 с./7 с.).

На диссертацию и автореферат поступило 6 положительных отзывов:

1. АО «Институт автоматизации энергетических систем», г. Новосибирск, отзыв подписан заведующим научно-исследовательской лабораторией, к.т.н. Вторушиным А.С., главным научным сотрудником, д.т.н. Лизалек Н.Н. с замечанием: 1. Несущественным недостатком автореферата диссертации является недостаточное описание методики проведения расчетов и экспериментов для получения данных, представленных на рисунках 4 - 6 (стр. 12).

2. ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ», г. Казань, отзыв подписан профессором кафедры технической физики, д.ф.-м.н., проф. Гайсиным Ф.М. с замечаниями: 1. В автореферате отсутствует расшифровка обозначений на рисунках 2 и 3 (стр. 11), что усложняет оценку корректности разработанного лабораторного стенда. 2. Отсутствует объяснение того, как

были получены значения, характеризующие величину снижения потребляемой мощности в соответствии с рисунком 8 (стр. 13-14).

3. ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск, отзыв подписан зав. кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», к.т.н., доцентом Домановым В.И. с замечаниями: 1. Из рисунка 6 не видно влияния на экспериментальную температуру начального значения температуры воды. 2. Не ясно, что произойдет, когда емкость наполнится и подача насоса будет остановлена.

4. ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, отзыв подписан профессором кафедры «Электрическая техника», д.т.н., доцентом Хамитовым Р.Н. с замечаниями: 1. Не приводится обоснование выбора формулы для расчета температуры воды в конце трубопровода – формула (1) в автореферате. 2. В четвертой главе, где описываются методы и средства оценки эффективности практического применения предлагаемых в работе решений, не приводится обоснование введения ограничения оптимизационной модели в виде неравенства (5) в автореферате.

5. Забайкальская дирекция по тепловодоснабжению СП ЦДТВ филиала ОАО «РЖД», г. Чита, отзыв подписан ведущим инженером, к.т.н. Петиным В.В. с замечаниями: 1. С целью использования результатов работы в других регионах необходимо более четко указать границы «сложных природных условий эксплуатации». 2. Учитываются ли в оптимизационной модели, описанной на странице 14, коэффициенты полезного действия элементов электропривода и насосной части?

6. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказская государственная академия», г. Черкесск, отзыв подписан зав. кафедрой «Электроснабжение», д.т.н., доцентом Джэндубаевым А.-З.Р. с замечаниями: 1. В середине модели, представленной на стр.10 (рис. 1) размещены два бесхозных блока Terminator, в правом нижнем углу модели также имеются незадействованные блоки. 2. Почему на входе f1 подсистемы SimpleDrive отсутствует сигнал частоты? 3. Какой закон изменения напряжения использовался при частотном регулировании скорости АД?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается публикациями авторов по заданной тематике. За последние 5 лет имеются публикации: доктор техн. наук, старший научный сотрудник Карякин А. Л. – 5 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 6 публикаций в изданиях, индексируемых в Scopus; канд. техн. наук, доцент Менакер К. В. – 5 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 2 публикации в изданиях, индексируемых в Scopus; ведущая организация – 9 публикаций в изданиях из

перечня ВАК, 4 публикации в изданиях, индексируемых в Scopus, сотрудниками ведущей организации являются ученые и специалисты, научная деятельность которых проходит в областях частотного регулирования электроприводов различного назначения и построения систем автоматического управления: д.т.н., профессор Дунаев М.П., к.т.н., доцент Арсентьев О. В., д.т.н., профессор Ёлшин В. В., Колодин А.А. и др.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан способ управления производительностью электроприводов скважинных насосов, за счет применения регулятора с переменной структурой, вычисляющего требуемую величину подачи по значениям уровня воды в резервуаре, и температуры воды в трубопроводе;

разработана методика определения экономичной комбинации способов защиты трубопровода от замерзания, основанная на многомерной условной нелинейной оптимизации стоимостной функции затрат на применение рассматриваемых способов, с учетом накладываемых ограничений;

предложена и обоснована компьютерная модель электротехнического комплекса участка первого подъема системы водоснабжения с накапливающим резервуаром;

доказана эффективность частотного регулирования производительности электроприводов насосов по уровню в накапливающем резервуаре, с учетом температуры воды в конце трубопровода.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана корректность предложенных аналитических выражений для вычисления температуры воды в конечной части трубопровода и уровня воды в резервуаре с привязкой к временной шкале;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы метод компьютерного моделирования и экспериментальные исследования на лабораторном стенде, теория вероятности и математическая статистика, методы оптимизации;

изложены идеи решения проблем, возникающих при эксплуатации участков первого подъема, путем автоматического управления, компьютерного имитационного моделирования и оптимизации параметров функционирования его электротехнического комплекса;

раскрыты особенности, возможности и перспективы применения системы управления производительностью электротехнического комплекса участка первого подъема;

изучено влияние отрицательных температур окружающей среды на тепловые параметры трубопровода участка первого подъема и эффективность поддержания допустимой температуры транспортируемой воды путем изменения производительности электропривода скважинного насоса методом частотного регулирования;

проведена модернизация существующих систем управления производительностью скважинных насосов участка первого подъема.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена система управления электротехническим комплексом участка первого подъема на объекте водоснабжения ООО «Гарант» (в настоящее время АО «Забайкальская топливно-энергетическая компания») пгт. Новоорловск Агинского района Забайкальского края, что подтверждается актом внедрения. Материалы работы применяются в учебном процессе кафедры Информатики, вычислительной техники и прикладной математики Забайкальского государственного университета при изучении дисциплин «Разработка автоматизированных систем управления технологическими процессами» и «Имитационное моделирование», а также кафедры Энергетики Забайкальского государственного университета при изучении дисциплины «Электрический привод», что подтверждено соответствующей справкой;

созданы программные средства (программный скрипт Matlab и компьютерная программа), позволяющие выполнить оценку и оптимизацию параметров участка первого подъема для защиты трубопровода от замерзания по критерию минимальной стоимости;

определены показатели эффективности использования способа управления производительностью электротехнического комплекса участка первого подъема, учитывающего температуру воды в конечной части трубопровода, в условиях практического применения;

представленные в диссертации результаты рекомендуются к использованию в системах водоснабжения Российской Федерации, эксплуатируемых в сложных природных условиях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с помощью сертифицированного оборудования и описан порядок проведения экспериментов для воспроизводимости результатов исследований в различных условиях;

теория построена на известных проверяемых результатах теории автоматического управления, теории электрического привода, основ гидродинамики, основ термодинамики и теплообмена, в том числе для построения компьютерной модели участка первого подъема, и согласуется с опубликованными данными, представленными в работах российских и зарубежных ученых;

идея базируется на контроле температуры воды в конечной части трубопровода с последующей коррекцией управляющего воздействия для поддержания подачи насоса, обеспечивающей приемлемые тепловые параметры, путем частотного регулирования электропривода;

использованы современные компьютерные программы для расчета и моделирования электротехнического комплекса участка первого подъема с применением разработанной системы управления;

установлено отклонение расчетных и экспериментальных значений подачи и напора насоса, потребляемой электродвигателем мощности и температуры воды в трубопроводе при моделировании участка первого подъема, которые могут трактоваться как погрешности расчетных методов и компьютерной модели в целом.

Личный вклад соискателя состоит в:

проведении анализа проблем эксплуатации электротехнического комплекса участков первого подъема систем водоснабжения в сложных природных условиях; построении классификации методов управления электротехническим комплексом участка первого подъема и методов защиты трубопроводов от замерзания; разработке имитационной и физической моделей участка первого подъема; подтверждении корректности имитационной модели, путем проведения вычислительных и лабораторных экспериментов; разработке способа (алгоритма), схемы и элементов аппаратной части системы управления электротехническим комплексом участков первого подъема; разработке методики и программных средств нахождения оптимальных параметров участков первого подъема, обеспечивающих защиту трубопровода от замерзания с минимальными затратами. Все приведенные работы выполнены соискателем лично или в соавторстве, под контролем научного руководителя.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Как производилась настройка ПИД-регуляторов для поддержания уровня воды в резервуаре и температуры воды в трубопроводе?

2. Какой закон частотного управления использовался для регулирования производительности насосов и почему?

3. Учитывались ли при расчете экономического эффекта от внедрения системы экономические параметры объекта до внедрения?

Соискатель Палкин Г.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Настройка ПИД-регуляторов для поддержания уровня воды в резервуаре и температуры воды в трубопроводе выполнялась экспериментальным способом на имитационной компьютерной модели при помощи методики Циглера-Никольса.

2. При регулировании производительности водоподъемных насосов использовался закон скалярного частотного управления, основанный на поддержании постоянного соотношения напряжения и частоты. Данное решение обусловлено характером нагрузки электропривода, при регулировании которой отсутствует необходимость в точном поддержании скорости вращения и момента на валу ротора электродвигателя. Соответственно, применение именно скалярного, а не векторного закона и частотного преобразователя позволяет снизить сложность и себестоимость системы при обеспечении приемлемых параметров технологического процесса.

3. Учитывались. Методика расчета экономического эффекта от внедрения предлагаемого способа и системы управления, используемая в работе, основывается на оценке снижения неоправданных эксплуатационных затрат при функционировании объекта до и после применения предлагаемой системы.

На заседании 29 июня 2022 г. диссертационный совет принял решение: за новое решение актуальной научно-технической задачи, направленной на повышение экономической эффективности и безаварийности участка первого подъема систем водоснабжения с накапливающим резервуаром в сложных природных условиях эксплуатации, путем разработки способа и системы управления, компьютерной имитационной модели и методики оптимизации параметров электротехнического комплекса участков первого подъема, присудить Палкину Г.А. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 – докторов наук по научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», участвовавших в заседании, из 19 человек,

входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **НЕТ** человек,
проголосовали: за – 15, против – 0.

Председатель
диссертационного совета

Коржов Антон Вениаминович

Учёный секретарь
диссертационного совета

Григорьев Максим Анатольевич

29.06.2022 г.

