

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Местникова Николая Петровича на тему: «Разработка и исследование способов повышения энергоэффективности солнечных электростанций в условиях Севера», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа посвящена исследованию влияния климатических и других факторов окружающей среды Севера на работу солнечных электростанций, функционирующих в составе автономных энергетических систем, а также разработке способов повышения энергоэффективности данных объектов. С ростом доли возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе представленная работа имеет актуальность и востребованность.

Эксплуатация солнечных электростанций в суровых условиях Севера осуществляется в условиях: ограниченной продолжительности светового дня в осенне-зимний период; низких температур; поверхностного загрязнения, вызванного образованием слоя мелкодисперсных фракций пыли или снегового покрова с образованием наледи на поверхности фотоэлектрических панелей; облачности; задымления атмосферы, вызванного сезонными лесными пожарами.

В связи с этим, задачи по исследованию работы солнечных фотоэлектростанций в условиях Севера, разработка на их основе способов защиты поверхности фотоэлектрических панелей от внешних загрязнителей, а также разработка методики расчета рабочих параметров фото-электростанции, учитывающей внешние факторы и климат северных территорий, как дополнение к существующим методикам, имеют высокую актуальность и востребованность.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, списка литературы из 225 наименований и трех приложений на 16 страницах. Материал диссертации изложен на 226 страницах машинописного текста и включает 117 рисунков и 32 таблицы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования; сформулированы цели и задачи исследования; приведены основные научные результаты, выносимые на защиту; показана научная новизна исследований и оценена их практическая значимость; отражены уровень апробации работы и личный вклад соискателя в решении научных задач; представлены структура и объем диссертационной работы, а также количество публикаций.

В первой главе приведены основные принципы построения и функционирования солнечных электростанций. На примере Якутии в условиях холодного климата, проанализированы внешние факторы, влияющие на электроэнергетические параметры фотоэлектрических панелей, рассмотрены существующие способы повышения энергоэффективности солнечных электростанций путём устранения поверхностных загрязнений фотоэлементов и сформулирована цель исследований.

Во второй главе сформирована методологическая база исследования характера влияния внешних факторов Севера на функционирование солнечных электростанций. Исследована работа фотоэлектрических панелей с учётом влияния внешних факторов: солнечная радиация; температура окружающей среды; поверхностное загрязнение; облачность; задымление воздушной среды, вызванное сезонными лесными пожарами.

В третьей главе представлены результаты натурных исследований по изучению характера влияния внешних факторов Севера на функционирование солнечной электростанции, а также представлены разработанные способы повышения ее энергоэффективности. Эксперименты проведены с применением теории планирования экспериментальных

исследований, что позволило представить результаты экспериментов в виде полиномиальных зависимостей, удобных для практического использования.

Четвертая глава посвящена оценке влияния разработанных способов повышения энергоэффективности солнечных электростанций на надежность автономной энергетической системы с солнечной электростанцией, эксплуатируемой на территории Северо-Востока России. В целях проведения оценки показателей надежности выбрана автономная энергетическая система в с. Мачах (северная Якутия) с установленной мощностью 90 кВт, где зимний максимум мощности электропотребления – 75 кВт, а летний минимум – 37 кВт.

Пятая глава посвящена оценке технико-экономических и экологических показателей интеграции солнечной электростанции, с применением разработанных способов повышения энергоэффективности, в автономную энергетическую систему посёлка Мачах. Оценка проведена с учётом использования: предложенного способа защиты фотоэлектрических панелей солнечной электростанции от поверхностного загрязнения (пыль и снег); дугообразного способа размещения фотоэлектрических панелей солнечной электростанции; способа повышения выработки электроэнергии для двухсторонних (бифациальных) фотоэлектрических панелей.

В заключении представлены основные результаты и выводы диссертационной работы Местникова Н.П.

В диссертационной работе имеются следующие **приложения**: акты внедрения результатов диссертации (от 4 организаций); результаты интеллектуальной деятельности (патент на изобретение и два свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ); результаты расчетов t-критерия Стьюдента на основе экспериментальных данных.

Основная научная новизна диссертационной работы и полученных результатов заключается в следующем:

1. Предложены дополняющие коэффициенты к существующей методике оценки энергетического потенциала солнечных электростанций, повышающие точность расчета годовой выработки электроэнергии.

2. Предложена математическая модель оценки энергетического потенциала солнечных электростанций, учитывающая внешние факторы Северо-Востока России.

3. Предложена реализация способа защиты фотоэлектрических панелей солнечных электростанций от поверхностного загрязнения на основе воскового жидкого покрытия, способствующего уменьшению периодичности очистки панелей.

4. Предложен новый способ дугообразного размещения фотоэлектрических панелей солнечных электростанций, учитывающий траекторию движения Солнца, и позволяющий увеличить выработку электрической энергии.

Практическая значимость работы

Работа вносит вклад в развитие возобновляемой энергетики в области гелиоэнергетики. Практическая значимость работы заключается во внедрении на отраслевом уровне научных положений и рекомендаций диссертации, обеспечивающих качественное функционирование солнечных электростанций в составе автономных энергосистем в удаленных и труднодоступных территориях Севера.

Результаты диссертационной работы использованы при выполнении приоритетных заданий и в учебном процессе:

1. Выполнении государственного задания по проекту FWRS-2021-0013 «Исследования путей повышения эксплуатационной надежности и эффективности интеллектуальных электроэнергетических систем в условиях

Севера и Арктики» №121032200059-7 по приоритетному направлению ПФНИ в РФ 2.5.1 Энергетика и рациональное природопользование.

2. Внедрении в производственный процесс Министерства жилищно-коммунального хозяйства и энергетики Республики Саха (Якутия), ГАУ РС(Я) «Центр развития ЖКХ и повышения энергоэффективности» и ООО «ЯкутскЭкоСети».

3. В учебной дисциплине «Общая энергетика» СВФУ и выполнении хоздоговорной работы по разработке технико-экономического обоснования строительства солнечной электростанции в Нерюнгринском ГОК и стратегии развития ООО «ЯкутскЭкоСети» с видением до 2032 г.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных результатов обеспечена: использованием классических положений и законов электротехники и физики, выполнением натуральных исследований, учитывающих климатические условия; получением патента на изобретение, свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ; применением математической модели, имеющей свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ; подтверждением результатов имитационных расчетов показателями функционирования существующих солнечных фото-электростанций Севера в пределах $\pm 4...5\%$.

Цель и основные задачи исследований

Цель диссертации – повышение энергоэффективности и точности результатов оценки технико-экономических параметров функционирования солнечных электростанций в условиях Северо-Востока России, как элемента автономных энергосистем.

Задачи для достижения цели диссертации:

1. Провести анализ современного состояния развития технологии выработки электрической энергии от солнечных электростанций, функционирующих в составе автономных энергосистем, в условиях холодного климата и идентифицировать показатели влияния внешних факторов на режимы работы солнечных электростанций.

2. Обосновать и разработать методику расчета рабочих параметров солнечных электростанций, учитывающую внешние факторы и повышающую достоверность результатов с фактическими показателями функционирующих объектов, как дополнение к существующим методикам.

3. Разработать способы повышения энергоэффективности солнечных электростанций как элемента автономных энергосистем, направленных на уменьшение негативного влияния внешних факторов Севера.

4. Провести оценку показателей надежности автономной энергосистемы, имеющей в составе солнечную электростанцию с применением разработанных способов.

5. Выполнить технико-экономическую и экологическую оценки применения разработанных способов повышения энергоэффективности солнечной электростанции, функционирующей в автономной энергосистеме Севера.

Апробация работы

Полнота изложения материалов диссертационной работы достаточно высокая, где по теме исследования опубликованы 22 работы, в том числе: 8 работ в рецензируемых журналах из перечня рекомендованных ВАК РФ; 3 работы в журналах, индексируемых в международной базе данных SCOPUS; 2 монографии, индексируемые в базе данных РИНЦ; 1 патент на изобретение; 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ; 6 работ в материалах всероссийских и международных конференций.

Апробация результатов работы проведена на следующих конференциях: Евразийский Симпозиум по проблемам прочности и ресурса в

условиях низких климатических температур «EURASTRENCOLD», г. Якутск, сентябрь 2020–2023 гг.; Всероссийский конкурс Фонда содействия инновациям «Студенческий Стартап (3-я очередь)», г. Москва, май 2023 г.; International Russian Automation Conference (RusAutoCon), г. Сочи, сентябрь 2021–2023 гг.; International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), г. Магнитогорск, сентябрь 2021–2022 гг.; International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), г. Сочи, июнь 2020–2022 гг.; Всероссийский конкурс Фонда содействия инновациям «У.М.Н.И.К.», г. Якутск, декабрь 2020 г.; Всероссийский молодежный конкурс «Россия. Экология. Энергосбережение», г. Москва, февраль 2019 г.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы:

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы:

- п. 1 – «Разработка научных основ (подходов) исследования общих свойств и принципов функционирования и методов расчета, алгоритмов и программ выбора и оптимизации параметров, показателей качества и режимов работы энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии в целом и их основного и вспомогательного оборудования»;
- п. 6 – «Теоретический анализ, экспериментальные исследования, физическое и математическое моделирование, проектирование энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов, функционирующих на основе преобразования возобновляемых видов энергии (энергии водных потоков, солнечной энергии, энергии ветра, энергии биомассы, энергии тепла земли и других видов возобновляемой энергии) с целью исследования и оптимизации их параметров, режимов

работы, экономии ископаемых видов топлива и решения проблем экологического и социально-экономического характера».

На основании вышеизложенного считаю, что все поставленные в диссертационной работе задачи решены в полном объеме и на высоком научном уровне. Данная работа широко апробирована. Однако к работе есть ряд замечаний и пожеланий.

Замечания и пожелания по диссертационной работе

1. Формулировки научной новизны и положений, выносимых на защиту, практически совпадают.

2. Обычно количественная оценка первичного энергоносителя – инсоляции производится по многолетним метеонаблюдениям и статистически обрабатывается с предоставлением пользователю подробной информации в базах данных, в частности инсоляции при ясном небе и реальной облачности. В работе предлагается ориентироваться на вид облачности, по которой сложно количественно оценить инсоляцию. Вопрос – можно ли улучшить прогноз производительности фотоэлектрической генерации с помощью предлагаемых коэффициентов?

3. Достоверность результатов применения предлагаемой методики оценки производительности фото-электростанции оценивается путём сравнения с фактической выработкой действующих станций на величину которой влияют не только внешние природные условия, но и различные производственные факторы (таблица 3.15).

4. Влияние степени загрязнения поверхности фотоэлектрических элементов на производство электроэнергии изучалось экспериментально в реальных условиях. Влияние температуры – в климатической камере с искусственным источником света. Условия экспериментов разные, что затрудняет их совместный анализ. К тому же, влияние температуры на фотоэлектрическое преобразование хорошо изучено и смысл отмеченного

исследования не ясен. Данные таблицы 3.12 не соответствуют известным представлениям о влиянии температуры на коэффициент полезного действия фотоэлектрического преобразования.

5. Не ясен диапазон применимости аппроксимирующих полиномов (таблица 3.20, стр.140). Они справедливы только для трёх фото-панелей?

6. При оценке надёжности фото-дизельных систем, не ясно как получены данные об интенсивности отказов оборудования и учитывалось ли его резервирование?

В тексте диссертации замечены опечатки, погрешности оформления, использование одинаковых обозначений для различных физических величин. Например: стр.37, рисунок 1.21 б) – контроллера заряда быть не должно; стр.62, рисунок 2.5 – стрелки от АКБ и КЗ должны быть двунаправленными; в формулах 2.67, 2.68 стр.81, 82 обозначения энергии и мощности, которые иногда путаются, то же самое в таблице 3.1, стр.96, и др.

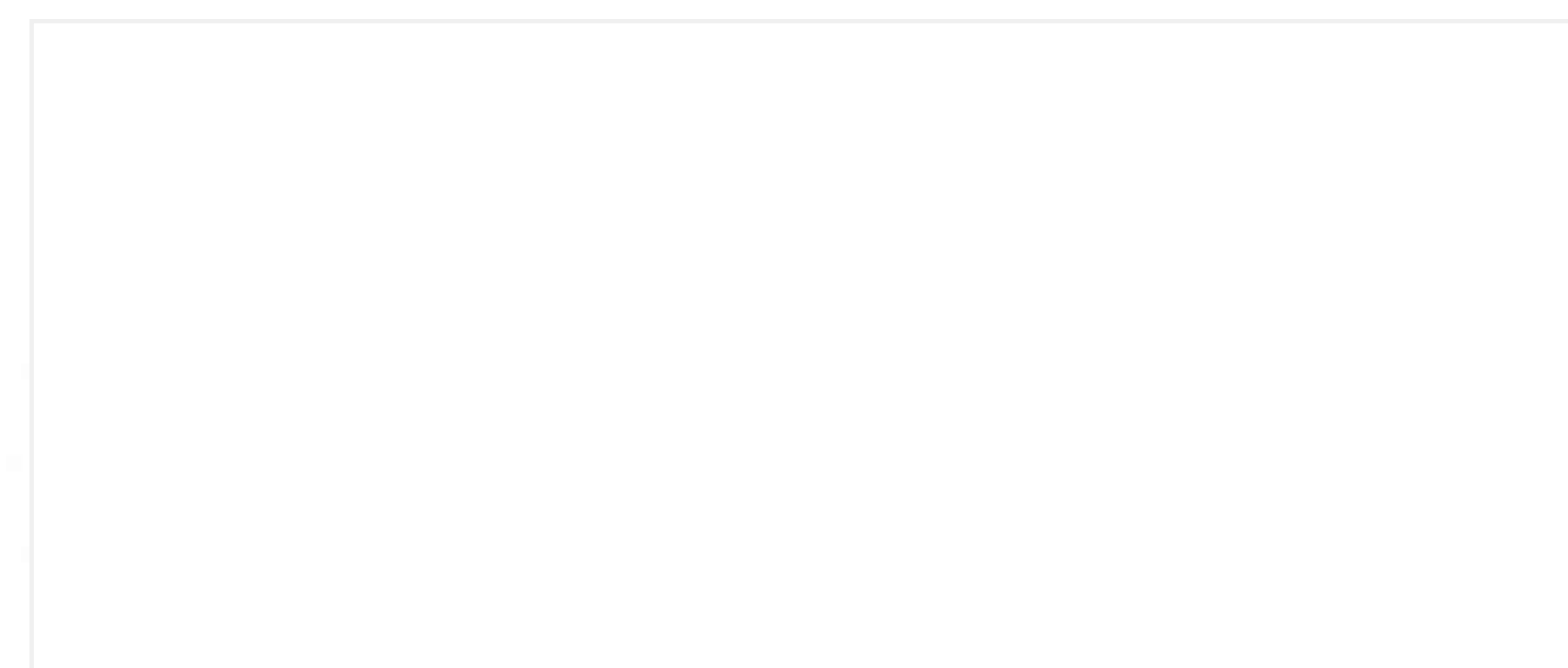
Заключение

Диссертационная работа Местникова Николая Петровича представляет собой законченное научное исследование, выполненное автором в самостоятельном порядке и на достаточно высоком уровне. В диссертационной работе автором разработаны способы повышения энергоэффективности солнечных электростанций, математическая модель функционирования солнечной электростанции с учётом влияния ключевых внешних факторов Севера. Данная работа вносит значительный вклад в области гелиоэнергетики и возобновляемых источников энергии.

Считаю, что диссертационная работа «Разработка и исследование способов повышения энергоэффективности солнечных электростанций в условиях Севера» соответствует требованиям п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 25.01.2024 г.), а ее автор,

Местников Николай Петрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент,
доктор технических наук по специальности 05.09.01 – Электрические машины и аппараты, профессор, профессор отделения электроэнергетики и электротехники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,

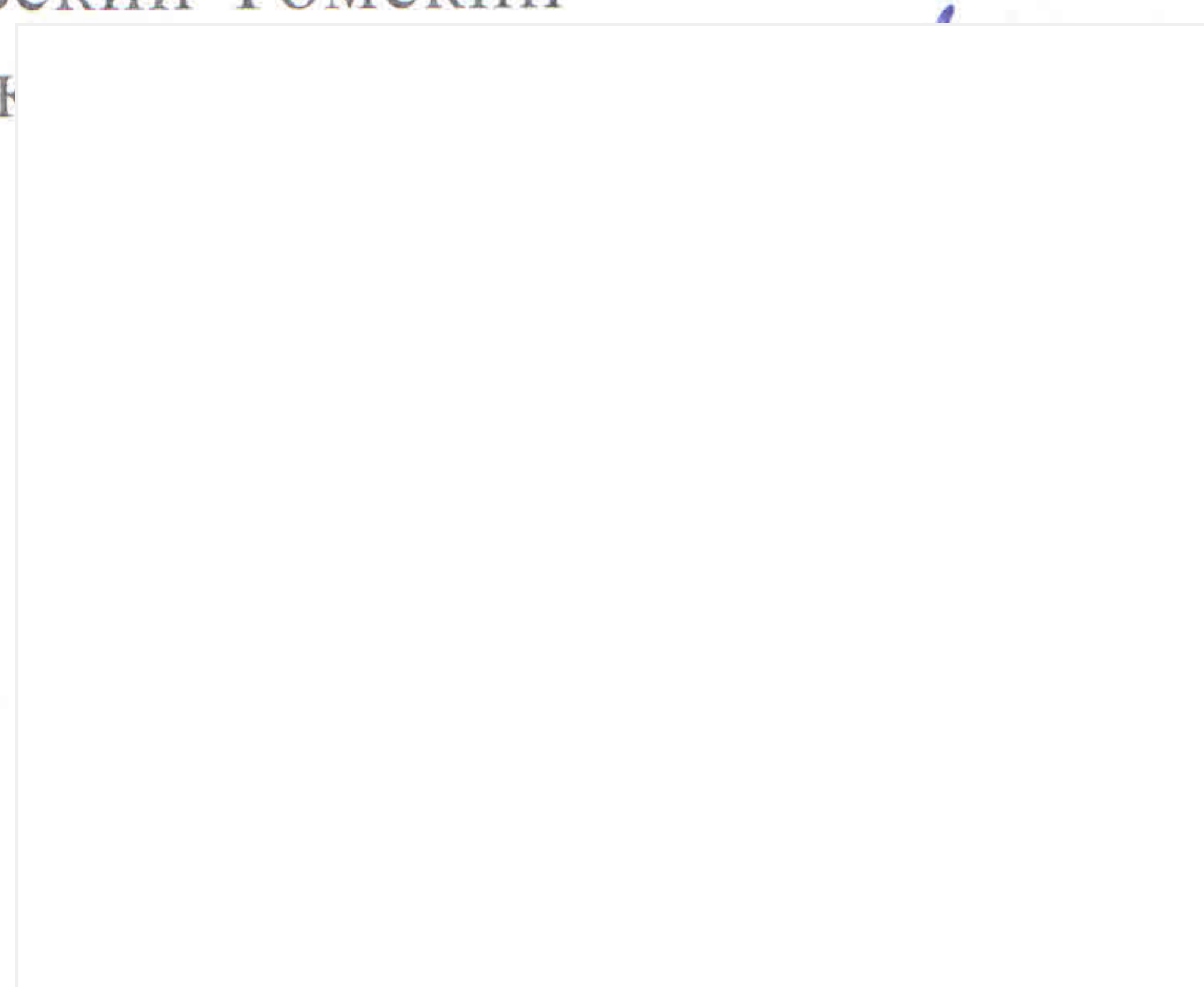


Лукутин
Борис Владимирович

« 05 » апреля 2024 г.

lukutin48@mail.ru,
Раб. тел.: +7 (3822) 563501, вн. 1935
634050, Россия, г. Томск, проспект
Ленина, д. 30

Подпись Лукутина Б.В.
заверяю: И.о. ученого
секретаря федерального
государственного
автономного образовательного
учреждения высшего
образования «Национальный
исследовательский Томский
политехнический
университет»



Новикова Валерия Дмитриевна

Поступила в совет 17.04.2024г.
ученой секретарь ДС Лукутин Б.В.
С отзывом ознакомлен 23.04.2024г. Местников Н.П.