

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.07

Соискатель: Дежина Ирина Николаевна

Тема диссертации: Криогенная электрическая машина без ферромагнитопровода с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов.

Специальность: 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Решение диссертационного совета по результатам публичной защиты диссертации:

На заседании 20 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научной задачи, связанной с созданием методики расчета криогенных электрических машин без ферромагнитопровода, обмотки которых изготовлены из высокотемпературных сверхпроводниковых материалов, имеющей значение для развития электромеханики, присудить Дежиной Ирине Николаевне ученую степень кандидата технических наук..

Присутствовали: *председатель диссертационного совета* Пенкин В.Т., *заместитель председателя диссертационного совета* Ковалев К.Л., *заместитель председателя диссертационного совета* Самсонович С.Л., *учёный секретарь диссертационного совета* Дежин Д.С., *члены диссертационного совета:* Беспалов В.Я., Бусурин В.И., Давидов А.О., Зечихин Б.С., Кириллов В.Ю., Кривилев А.В., Машуков Е.В., Оболенский Ю.Г., Парафесь С.Г., Шевцов Д.А.

Учёный секретарь диссертационного
совета Д 212.125.07

Д.С. Дежин

Начальник отдела
Т.А. Ашуркина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 20 сентября 2022 г. № 21

О присуждении **Дежиной Ирине Николаевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Криогенная электрическая машина без ферромагнитопровода с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов» по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты» принята к защите 15.07.2022 г. (протокол № 17) диссертационным советом Д 212.125.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №105/НК от 11.04.2012 г.

Соискатель Дежина Ирина Николаевна 24 сентября 1993 года рождения.

В 2018 году с отличием окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО «МАИ

(НИУ)), по специальности 24.04.01 – «Ракетные комплексы и космонавтика», квалификация – «магистр».

В 2018 году поступила в аспирантуру «Московского авиационного института (национального исследовательского университета)» кафедры 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты». В 2022 году окончила аспирантуру с отличием.

С 2015 года по настоящее время работает кафедре 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» «Московского авиационного института (национального исследовательского университета)» в должности инженера.

Диссертация выполнена на кафедре 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» института № 3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» ФГБОУ ВО «МАИ (НИУ)».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Дежин Дмитрий Сергеевич, доцент кафедры 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» института № 3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» ФГБОУ ВО «МАИ (НИУ)».

Официальные оппоненты:

Курбатов Павел Александрович, доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ, профессор кафедры электромеханики, электрических и электронных аппаратов (ЭМЭЭА) ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва;

Геча Владимир Яковлевич, доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе акционерного общества «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна», г. Москва

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – общество с ограниченной ответственностью «Экспериментальная мастерская НаукаСофт», г. Москва, в своем положительном заключении, рассмотренном и обсужденном на заседании научно-технического совета (НТС), протокол № 08/132-22 от 31 августа 2022 года, утвержденном генеральным директором, доктором технических наук, профессором Халютиним Сергеем Петровичем, указала, что диссертационная работа Дежиной Ирины Николаевны «Криогенная электрическая машина без ферромагнитопровода с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи создания методики расчета магнитных полей для электрических машин с высокотемпературными сверхпроводящими обмотками с учетом влияния полей лобовых частей и трех видов экранов, которая имеет важное значение для развития авиационной техники. Работа соответствует паспорту специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты» по пункту 5. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертационной работы.

Диссертационная работа соответствует пунктам 9-12 требований «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ (№ 842 от 24 сентября 2013 г., редакция от 11.09.2021 г.), а её автор, Дежина Ирина Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Соискатель имеет 14 (четырнадцать) научных публикаций по теме диссертации, в том числе, 2 (две) статьи опубликованные в изданиях, рекомендуемых Высшей Аттестационной Комиссией РФ для публикаций результатов диссертационных исследований и 6 (шесть) статей в изданиях, индексируемых международными системами цитирования. Все работы опубликованы в соавторстве, при этом вклад соискателя был определяющим, а опубликованные результаты получены либо лично соискателем, либо при его непосредственном участии. У автора имеются 1 (один) патент на изобретение и

1 (один) патент на полезную модель. Материалы диссертации изложены в трудах 8 (восьми) международных научно-технических конференций.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Кобзева (Дежина) И. Н., Дежин Д. С., Иванов Н. С., Ковалев К. Л. Полностью сверхпроводниковая электрическая машина с высокой удельной мощностью // Электротехника – М: 2018, № 2 – с. 2-7.

2. Дежина И. Н., Ильясов Р. И., Дежин Д. С. Сверхпроводниковая индукторная электрическая машина с комбинированным возбуждением // Электричество – М: 2019, № 7 – с. 46-52.

3. Kobzeva (Dezhina) I., Kovalev K., Ivanov N., Tulinova E. High specific power HTS electric machines // Przegląd elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 93 NR 11/2017.

4. Kobzeva (Dezhina) I., Dezhin D., Ivanov N., Kovalev K., Semenikhin V. System Approach of Usability of HTS Electrical Machines in Future Electric Aircraft. IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 28, no. 4, pp. 1-5, June 2018, Art no. 5201905, doi: 10.1109/TASC.2017.2787180.

5. Dezhina I., Dezhin D. Development of the Future Aircraft Propulsion System Based on HTS Electrical Equipment with Liquid Hydrogen Cooling. IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 32, no. 4, pp. 1-5, June 2022, Art no. 3601105, doi: 10.1109/TASC.2022.3153246.

В работе [1] описана одна из возможных схем полностью сверхпроводниковой электрической машины с высокой удельной мощностью и представлена аналитическая методика расчета её основных параметров. Также в данной работе представлены аналитические соотношения, которые позволяют проводить анализ влияния числа пар полюсов, свойств сверхпроводников, главных размеров машины на удельную мощность. Приведены результаты конечно-элементного моделирования полностью сверхпроводниковой электрической машины.

В работе [2] описана альтернативная схема сверхпроводниковой электрической машины, которая содержит комбинированное возбуждение и стальной магнитопровод. Показано, что такой подход к созданию электрических машин с высокой удельной мощностью также возможен. А его преимущество

заключается в использовании неподвижных сверхпроводниковых катушек на статоре и отсутствии вращающегося криостата. В работе также представлены результаты расчета параметров и численного моделирования магнитных полей данной электрической машины.

В работе [3] описана схема полностью сверхпроводниковой электрической машины со стальным внешним экраном, приведены аналитические выражения для расчета основных параметров и построения выходных характеристик, а также изложены результаты численного моделирования распределения магнитных полей в активной зоне данной машины. Показано, что конструктивная схема с катушками на основе высокотемпературных сверхпроводящих лент 2-го поколения на якоре и индукторе способна обеспечить высокую удельную мощность.

В работах [4, 5] описан комплексный подход к созданию системы электродвижения будущих пассажирских авиалайнеров на основе высокотемпературных сверхпроводниковых электрических машин и силовых преобразователей с криогенным охлаждением. При этом в работе [5] описаны преимущества использования жидкого водорода в качестве топлива для авиационных турбин, и в качестве криоагента для сверхпроводниковых электрических машин и криоэлектроники.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

На диссертацию поступили следующие отзывы (все отзывы – положительные).

Отзыв на диссертацию ведущей организации – общества с ограниченной ответственностью «Экспериментальная мастерская НаукаСофт», г. Москва.

Отзыв утвержден генеральным директором, доктором технических наук, профессором Халютиным С.П.

В отзыве отмечено, что в настоящее время в мире не существует авиационных электроэнергетических систем, позволяющих реализовать полностью электрический самолет большой размерности, поэтому задача выбора

типа и разработки методики проектирования авиационных электрических машин большой мощности (более мегаватта) является весьма актуальной. Одним из путей решения этой задачи является использование свойств сверхпроводимости для обеспечения повышенной удельной мощности электромеханического преобразователя, поэтому тема диссертационной работы, которая посвящена методике проектирования электрических машин на основе высокотемпературных сверхпроводников, является актуальной.

В замечаниях по диссертационной работе указано на то, что её цель могла бы отражать достижение определенных показателей, а степень разработанности темы представлена недостаточно полно. Также указано на то, что электромагнитный расчет выполнен без учета теплового поля машины и не учитывает нестационарные режимы его работы. Указано, что отсутствует ссылка на публикацию материалов второй главы диссертации, в научном издании с соавторством соискателя. В замечаниях говорится, что получены аналитические выражения для расчета магнитных полей и параметров криогенных машин с различными экранами, а на самом деле в работе выполнены расчеты для 3-х внешних экранов в двумерной постановке задачи. Также указано, что при исследовании сверхпроводниковой электрической машины не определен критерий выбора типов внешних экранов и их характеристики (геометрические параметры, масса, материалы и т. п.). Сделано замечание о том, что при обосновании достоверности результатов соискатель ссылается на процессы верификации моделей и сопоставления результатов численного моделирования и экспериментальных исследований, но не на результаты верификации и сопоставления. Указано, что в третьем разделе расчеты выполнены в известной среде пакета COMSOL Multiphysics и заслуга автора заключается только в представлении расчетной модели, в основном, с фиксированными параметрами. Из этого следует, что приведенное сравнение аналитического и численного расчетов не подтверждает точности аналитического расчета, т. к. выполнены практически по одним методикам. Говорится, что выводы о том, что реализация крупных ПЭС с электрической тягой возможна только на основе сверхпроводниковых электрических машин с удельной мощностью свыше 15

кВт/кг – не подкреплены соответствующими оценками и расчетами. В частности, не понятно, какая масса рассматривается в оценке удельной мощности, учитывается ли масса инфраструктуры, обеспечивающей работу сверхпроводниковой электрической машины, а также масса экрана. Не совсем понятно выражение: «средняя конструктивная плотность тока в ОЯ».

В отзыве ведущей организации отмечено, что диссертационная работа Дежиной Ирины Николаевны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по созданию методики расчета магнитных полей электрических машин с высокотемпературными сверхпроводящими обмотками, которая имеет важное значение для развития авиационной техники.

Указано, что диссертационная работа «Криогенная электрическая машина без ферромагнитопровода с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов» соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Дежина Ирина Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Отзыв на диссертацию официального оппонента Курбатова Павла Александровича, доктора технических наук, профессора, лауреата премии Правительства РФ, профессора кафедры электромеханики, электрических и электронных аппаратов ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Отзыв на диссертационную работу заверен печатью ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», а подпись Курбатова П.А. заверена начальником управления по работе с персоналом Н.Г. Савиным.

В замечаниях по диссертационной работе указано:

1) В диссертации плохо выделены принимаемые допущения, как при аналитическом, так и при численном расчетах, что существенно затрудняет ее прочтение. Например, непонятна запись граничных условий в формулах (2.2).

2) Ток в сверхпроводнике нелинейно зависит от магнитного поля. Токи в обмотках и неоднородно намагниченный экран создают магнитные поля, которые влияют на значения токов. Как была подтверждена (обоснована) возможность использования принципа суперпозиции полей в методике аналитического расчета в условиях возможной нелинейности свойств сверхпроводящего провода?

3) Автор неоднократно использует формулы для расчетов синусоидальных ЭДС, например, (2.41, 3.2 и др.). В работе нет данных, которые подтверждают синусоидальность ЭДС для рассматриваемого генератора.

4) В численных расчетах относительная магнитная проницаемость принималась постоянной также, как и при аналитическом расчете. Используемое программное обеспечение позволяет учитывать реальные нелинейные магнитные свойства стали, что позволило бы провести более значимое сопоставление результатов численных и аналитических расчетов.

5) На стр. 97 указана использованная «проводимость провода $6 \cdot 10^9$ См·м». Здесь неправильно указаны размерность удельной электрической проводимости, если это она. На каком основании выбрано именно это значение?

6) Текст на стр. 98-99 не дает полного представления, как определялись собственные и взаимные индуктивности фазных обмоток, и почему для этого необходимо было отключать обмотку возбуждения.

7) Как отмечено в диссертации, главной проблемой ВТСП обмоток (особенно якоря) является возникновение потерь на переменном токе, однако в предложенных методиках расчетов эта проблема не рассматривается.

Отмечено, что указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы Дежиной И. Н.

В заключении сказано, что диссертационная работа Дежиной Ирины Николаевны является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача по созданию методики проектирования криогенных электрических машин без ферромагнитопровода, обмотки которых изготовлены из высокотемпературных сверхпроводниковых материалов. Предложенное автором решение имеет

значение для развития электромеханики. Работа соответствует паспорту специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», а автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

В заключении на основании всего вышеизложенного сделан вывод о том, что диссертационная работа «Криогенная электрическая машина без ферромагнитопровода с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов» удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор Дежина И.Н., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Отзыв на диссертацию официального оппонента Гечи Владимира Яковлевича, доктора технических наук, профессора, заместителя генерального директора по научной работе акционерного общества «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна».

Отзыв на диссертационную работу заверен печатью АО «Корпорация «ВНИИЭМ».

Отзыв содержит следующие замечания:

1) В работе не используются сведения и данные из известной книги А. В. Левина «Электрический самолет от идеи до реализации».

2) В диссертационной работе не в полной мере освещены вопросы системы криостатирования рассматриваемого класса электрических машин. Не ясно, каким образом будет организовано ее размещение на борту.

3) Автор недостаточно ярко отражает новизну разработанной методики и ее отличие от уже существующих методик расчета электрических машин.

4) Рис. 1.3 (стр. 19) и рис. 4.2, а (стр.118) – один и тот же рисунок. Не ясно, зачем его повторять.

5) Содержание 2 главы достаточно полно отражено в статье с участием соискателя – Н. С. Иванова, И. Н. Кобзевой (Дежиной), К. Л. Ковалева и В. С. Семенихина «Аналитическая методика расчета полностью сверхпроводниковой электрической машины для летательных аппаратов», входящей в академический

сборник статей «Инновационные технологии в энергетике. Книга 3. Прикладная сверхпроводимость» Российской академии наук, однако в диссертации ссылка на эту работу отсутствует.

б) Выявленная особенность математической модели, связанная с увеличением погрешности расчета при числе пар полюсов $p \neq 4$ и $p \neq 5$ (стр. 102), на мой взгляд, заслуживает пояснения.

7) Учет влияния лобовых частей в аналитической методике (стр. 114 – 115) практически всегда проводится с помощью специальных коэффициентов. Не ясно, почему в работе это не сделано.

При этом в заключении отзыва указано, что несмотря на все замечания, диссертационная работа Дежиной Ирины Николаевны представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальных задач в области сверхпроводниковых электрических машин. Данная работа соответствует специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», а автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

Также в заключении сделан вывод о том, что диссертационная работа «Криогенная электрическая машина без ферромагнитопровода с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов» по своему содержанию и полученным результатам удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 (ред. от 11.09.2021 г.), а ее автор Дежина И. Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

На автореферат диссертации поступило 8 (восемь) отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв на автореферат диссертации АО «Аэроэлектромаш» (г. Москва) заместителя Генерального директора по инновационным разработкам Довгалёнка Владимира Марковича содержит следующие замечания:

1) в диссертационной работе автор приводит сравнение результатов аналитических и численных расчетов и оперирует термином «погрешность»,

который обычно используется для сравнения с данными экспериментальных исследований;

2) в работе не рассмотрены вопросы обеспечения механической прочности предлагаемых криогенных электрических машин, которые не содержат традиционные электротехнические материалы;

3) из автореферата не ясно, проводились ли расчеты какой-то конкретной криогенной электрической машины по предложенной в работе методике.

2. Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (ТулГУ), доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой охраны труда и окружающей среды Панарина Владимира Михайловича замечаний не содержит.

3. Отзыв на автореферат диссертации ОАО «ВНИИ КП» (г. Москва), доктора технических наук, заместителя заведующего – научного руководителя отделения № 4 Высоцкого Виталия Сергеевича содержит замечания:

1) из автореферата диссертации не ясно, проводились ли детальные тепловые расчеты сверхпроводниковой электрической машины;

2) до конца не ясно, какова точность предлагаемого в работе численного способа расчета критического тока в случае использования СП катушек, не содержащих стального сердечника, поскольку в автореферате приводится сравнение с экспериментом, где катушка содержит ферромагнитные конструктивные элементы;

3) для расчета критического тока в сверхпроводнике используется фиксированная температура охлаждения, тогда как в реальной электрической машине криогенная температура в различных ее частях может отличаться и иметь значительный разброс.

4. Отзыв на автореферат диссертации ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж), кандидата технических наук, старшего преподавателя 91 кафедры электрооборудования (и оптико-электронных систем) Кучевского Семёна Викторовича содержит замечания:

1) на рисунке 1а не представлено описание выделенных зон (I – VII) расчетной модели активной зоны;

2) в таблице 2 представлены результаты сопоставления аналитического и численного расчета по ЭДС только для случая, когда внешний экран отсутствует. Из автореферата не ясно, будет ли наблюдаться указанная погрешность расчета (3%) для других типов экранов;

3) на стр. 19 (нижний абзац) сказано, что «величина предельного рабочего тока выбиралась с учетом 15% запаса, чтобы избежать работы на критическом токе ВТСП ленты». Чем определяется выбор именно такого значения?

5. Отзыв на автореферат диссертации АО «НЦВ им. М.Л. Миля и Н.А. Камова» (Московская обл., рп. Томилино), кандидата технических наук, начальника отделения – главного конструктора по НТЗ Пальченко Никиты Вячеславовича в качестве предложения по дальнейшему совершенствованию разработанного методического аппарата содержит рекомендацию исследовать влияние переходных режимов в процессе управления электрической машины на её удельные характеристики и конструктивно-компоновочные решения.

6. Отзыв на автореферат диссертации АО «НИИЭМ» (Московская обл., г. Истра), исполняющего обязанности первого заместителя генерального директора А. В. Бубена и кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника М.Л. Кругловой содержит замечания:

1) к сожалению, в автореферате применению математической модели метода конечных разностей не уделено такого же подробного внимания, как и аналитическому методу ни при анализе магнитного поля, ни для расчета величины критического тока, а отправлена ссылка для употребления пакета прикладных программ COMSOL Multiphysics, который не является широко употребительным. Поэтому раскрытие этой части модели было бы желательно;

2) не понятно, почему диссертантом сделано предпочтение в использовании в качестве охладителя жидкого водорода, далеко не самого безопасного вида хладагента.

7. Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (ВятГУ), кандидата технических наук,

доцента, доцента кафедры «Электрических машин и аппаратов» (ЭМА) Шестакова Александра Вячеславовича и кандидата технических наук, и.о. заведующего кафедрой ЭМА Тимошенко Вячеслава Николаевича содержит замечания:

1) Исследовалось ли влияние толщины ферромагнитного (диамагнитного) наружного экрана на распределение полей, параметры и характеристики криогенных ЭМ?

2) Исследовалось ли влияние длины активной части рассматриваемых криогенных ЭМ на их характеристики?

8. Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (КГЭУ), кандидата технических наук, доцент, заведующего кафедрой «Приборостроение и мехатроника» ФГБОУ ВО «КГЭУ» Козелкова Олега Владимировича содержит замечание: в качестве недостатка можно отметить, что пояснения к рисункам 3 и 4 полагают использование цветного рисунка, однако в автореферате они предоставлены в черно-белом варианте, что затрудняет их анализ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной и практической компетентностью в области электромеханики, электрических аппаратов и прикладной сверхпроводимости, находящихся в предметной области диссертационного исследования, что подтверждается публикациями в научных изданиях. Оппоненты являются сотрудниками разных организаций и не имеют совместных публикаций с соискателем.

Выбор Курбатова П.А., доктора технических наук, профессора, в качестве официального оппонента обосновывается его широкой известностью и профессиональной компетентностью в вопросах математического моделирования и разработки классических и сверхпроводниковых электрических машин и устройств. За последние 5 лет Курбатовым П.А. опубликовано в рецензируемых международных и отечественных журналах 10 статей по профилю диссертации.

Выбор Гечи В.Я., доктора технических наук по специальности «Электромеханика и электрические аппараты», в качестве официального

оппонента обосновывается его большим практическим опытом в области разработки и создания различных электромеханических преобразователей энергии. За последние 5 лет Гечей В.Я. опубликовано в рецензируемых научных изданиях 3 статьи и получено 2 патента на изобретения по профилю диссертации.

Выбор ведущей организации общества с ограниченной ответственностью «Экспериментальная мастерская НаукаСофт», обусловлен ее практическими достижениями в области разработки различных, в том числе авиационных, электромеханических преобразователей и их систем управления. Специалисты ведущей организации осуществляют прикладные исследования, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области создания электромеханических преобразователей энергии и электротехнических комплексов, что подтверждается многочисленными публикациями по теме диссертации.

В дискуссии приняли участие члены диссертационного совета: д. техн. наук, ст. научный сотрудник Ковалев Константин Львович и д. техн. наук, ст. научный сотрудник Пенкин Владимир Тимофеевич, а также начальник научно-исследовательского отдела кафедры 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» ФГБОУ ВО «МАИ (НИУ)», канд. техн. наук Иванов Николай Сергеевич.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– проанализированы различные подходы к созданию электрических машин с высокой удельной мощностью, которые предназначены для их использования в составе систем электродвижения и электроснабжения будущих перспективных летательных аппаратов;

– создана аналитическая методика расчета магнитных полей и параметров сверхпроводниковых электрических машин без ферромагнитопровода, позволяющая проводить быструю оценку влияния параметров на их основные характеристики;

– разработанная аналитическая методика оформлена в виде компьютерной программы, с помощью которой можно производить расчет основных параметров сверхпроводниковых электрических машин без ферромагнитопровода с различными внешними экранами, строить картины распределения магнитных полей в их активной зоне, а также получать основные выходные характеристики;

– предложен алгоритм численного расчета в трехмерной постановке, позволяющий производить оценку влияния лобовых частей сверхпроводниковых обмоток на основные параметры и характеристики электрических машин без ферромагнитопровода;

– разработан численный способ автоматизированного расчета критического тока в катушках на основе высокотемпературных сверхпроводниковых лент 2-го поколения в зависимости от величины внешнего магнитного поля и температуры охлаждения, который позволяет непосредственно во время численного моделирования электромагнитных процессов электрической машины, рассчитывать критические и рабочие токи в сверхпроводниковых катушках;

– сделан вывод о том, что на базе разработанной аналитической методики расчета магнитных полей и параметров впоследствии можно проводить различные оптимизационные расчеты, выбирая такое соотношение управляющих параметров, при котором сверхпроводниковая машина без ферромагнитопровода будет обладать наибольшей удельной мощностью.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– создана аналитическая методика расчета, позволяющая формировать картины распределения магнитных полей и рассчитывать основные параметры криогенных электрических машинах без ферромагнитопровода, обмотки которых изготовлены из высокотемпературных сверхпроводниковых лент 2-го поколения, с различными внешними экранами;

– выполнена оценка достоверности разработанной аналитической методики проектирования за счет определения точности при сопоставлении результатов с численными расчетами в двухмерной постановке;

– с помощью численного моделирования определено влияние различных допущений, принятых в аналитическом расчете, на точность получаемых результатов;

– определена доля влияния лобовых частей полностью сверхпроводниковой электрической машины без ферромагнитопровода с рассматриваемыми внешними экранами на величину её основных параметров путем численного моделирования активной зоны в трехмерной постановке.

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

– разработанная аналитическая методика расчета позволяет производить быструю оценку основных выходных параметров и характеристик сверхпроводниковых электрических машин без ферромагнитопровода в зависимости от таких параметров, как: число пар полюсов, размеры сверхпроводниковых катушек, параметры, толщина и тип внешнего экрана, число фаз якоря, а также параметров, определяющих размеры активной зоны электрической машины

– предложен способ автоматизированного расчета критического тока в ВТСП катушках криогенных электрических машин в зависимости от величины внешнего магнитного поля и криогенной температуры;

– результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» ФГБОУ ВО «МАИ (НИУ)» и используются в материалах лекций и на практических занятиях по дисциплинам «Системы аналитических вычислений в электромеханике», и «Основы научных исследований», что подтверждается актом №300-17/382 от 27 июня 2022 г.

Оценка достоверности результатов подтверждается:

– корректным использованием математического аппарата при выводе аналитических выражений для расчета магнитных полей и параметров сверхпроводниковых электрических машин;

– сопоставлением результатов численного моделирования при определении критического тока в сверхпроводниковых катушках с результатами экспериментальных исследований реальных образцов таких катушек.

Личный вклад соискателя состоит в:

– разработке аналитической методики расчета сверхпроводниковых электрических машин без ферромагнитопровода с катушками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов и различными внешними экранами, а также ее поверке численными методами расчета;

– создании скрипт-файлов в пакете прикладных программ MATLAB для получения картин распределения магнитных полей и расчета основных параметров сверхпроводниковых электрических машин без ферромагнитопровода;

– разработке алгоритмов численного компьютерного расчета магнитных полей и параметров сверхпроводниковых электрических машин;

– разработке автоматизированного способа расчета критического тока в сверхпроводниковых катушках;

– подготовке основных публикаций по работе и личном участии в конференциях по тематике исследований.

В ходе защиты диссертации **не было высказано критических замечаний**, которые ставили бы под сомнение обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

Соискатель Дежина И. Н. ответила обстоятельно и аргументированно на все заданные ей в ходе заседания вопросы.

На заседании 20 сентября 2022 г. **диссертационный совет принял решение:** за решение актуальной научной задачи, связанной с созданием методики расчета криогенных электрических машин без ферромагнитопровода, обмотки которых изготовлены из высокотемпературных сверхпроводниковых материалов, имеющей значение для развития электромеханики, присудить Дежиной Ирине Николаевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 4 доктора наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 (ноль) человек, проголосовали: за – 14, против – 0 (нет), недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.07,
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

Пенкин Владимир
Тимофеевич

Учёный секретарь диссертационного
совета Д 212.125.07,
кандидат технических наук,
доцент

Дежин Дмитрий
Сергеевич

20 сентября 2022 года

