

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.11

Соискатель: Подгузов Владимир Андреевич

Тема диссертации: Электромеханический накопитель энергии с магнитным ВТСП подвесом.

Специальность: 2.4.2. – «Электротехнические комплексы и системы».

Решение диссертационного совета по результатам публичной защиты диссертации:

На заседании 18 июня 2024 г. диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научно-технической задачи, имеющей значение для развития теории расчета, проектирования и разработку экспериментальных образцов электромеханических накопителей энергии с магнитными ВТСП подвесами – создание новых и уточнение существующих методик проектирования электромеханических накопителей энергии на основе магнитных ВТСП подвесов, присудить Подгузову Владимиру Андреевичу ученую степень кандидата технических наук.

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

Учёный секретарь диссертационного
совета 24.2.327.11

Д.С. Дежин

Начальник отдела
Т.А. Аникин



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.11,
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 18 июня 2024 № 3

О присуждении **Подгузову Владимиру Андреевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Электромеханический накопитель энергии с магнитным ВТСП подвесом» по специальности 2.4.2. «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 26 марта 2024 г (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.327.11, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 125993, А80, г. Москва, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4., утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №1314/НК от 22.06.2023.

Соискатель Подгузов Владимир Андреевич 11 апреля 1996 года рождения.

В 2017 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (квалификация — бакалавр).

В 2019 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.04.04 «Авиастроение» (квалификация — магистр).

В 2023 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника».

Работает в должности заведующего учебной лабораторией кафедры 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» института №3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», по совместительству является инженером научно-исследовательского отдела кафедры 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» института №3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» института №3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – Ковалев Константин Львович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой 310

«Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» института №3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»).

Официальные оппоненты:

Казаков Юрий Борисович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электромеханики», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина» (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»), г. Иваново;

Курбатова Екатерина Павловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханики, электрических и электронных аппаратов» (ЭМЭА), федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»)), г. Москва.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»), г. Самара в своем положительном заключении, рассмотренном и утвержденном на научно-техническом семинаре кафедры «Электромеханика и автомобильное электрооборудование» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», протокол № 6 от 02 мая 2024 г., подписанном заведующим кафедрой «Электромеханика и

автомобильное электрооборудование» ФГБОУ ВО «СамГТУ», доктором технических наук, профессором Макаричевым Ю. А., заверенным Ученым секретарем ФГБОУ ВО «СамГТУ» Малиновской Ю. А. и утвержденным первым проректором – проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктором технических наук, профессором Ненашевым М. В., указала, что опубликованные автором по теме диссертации работы и акт внедрения подтверждают актуальность, научную новизну и практическую значимость диссертационной работы Подгузова В. А. Область исследований и полученные результаты соответствуют паспорту специальности 2.4.2. – «Электротехнические комплексы и системы». Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертации. Диссертация Подгузова Владимира Андреевича «Электромеханический накопитель энергии с магнитным ВТСП подвесом» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует всем требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 23 (двадцать три) опубликованных работы по теме диссертации, в том числе 3 (три) работы, опубликованные в изданиях, рекомендуемые Высшей Аттестационной Комиссией РФ для публикации результатов диссертационных исследований, а также 10 (десять) работ в международных реферативных базах данных Scopus и Web of Science. Все работы опубликованы в соавторстве, при этом вклад соискателя был определяющим, а опубликованные результаты получены либо лично соискателем, либо при его непосредственном участии. Материалы диссертации отражены в трудах 10 (десяти) всероссийских и международных научно-технических конференций.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Подгузов В.А., Русанов Д.В., Голованов Д.В. Кинетический накопитель энергии на основе высокотемпературных сверхпроводников // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022. № 1. С. 169-174.

2. Занегин С.Ю., Зубко В.В., Иванов Н.С., Ковалев К.Л., Подгузов В.А. Экспериментальное и численное исследование потерь в ВТСП катушках переменного тока // Электротехника. 2022. № 6. С. 65-70.

3. Kovalev K., Ivanov N., Podguzov V., Zanegin S., Zhuravlev S. Modelling and experimental research of machine with annular HTS winding using equivalent magnetic permeability. 2021, 2043(1), 012003.

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

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

Отзыв на диссертацию ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»).

Отзыв утвержден первым проректором – проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктором технических наук, профессором Ненашевым М. В.

В отзыве приведены следующие замечания:

1. Термин «обезвешивание» (стр.5 автореферата и др.) неоправданное нововведение автора – в теории электромагнитных подвесов и в научно-технической литературе используется устоявшийся термин «левитация».

2. На стр.13 автореферата и в диссертации делается утверждение, что «...основными потерями электромеханического накопителя энергии (ЭМН) являются потери на трение в опорах и трение ротора о воздух...», из чего дается рекомендация о применении бесконтактных опор на основе ВТСП. Но в работе нет

хотя бы приближенной оценки мощности, необходимой для поддержания криогенного состояния ВТСП. Кроме этого, в любом электромагнитном подвесе нельзя избежать момента сопротивления, вызванного «магнитным трением» от гистерезиса и вихревых токов в роторе электромагнитного подшипника.

3. Утверждение «...мотор-генератор следует делать из немагнитного материала (нержавеющая сталь) или вовсе безжелезным (композитные материалы, стекловолокна, пластмассы) ...» (стр.15 автореферата) следовало бы подтвердить расчетами. «Безжелезные» электрические машины требуют увеличения массы (объема) постоянных магнитов в несколько раз.

4. Не ясно, для каких исходных параметров рассчитан КПД макетного образца электромеханического накопителя энергии 0,5 МДж (90-99%, стр. 17 автореферата)? Учитывались ли потери в двигателе и частотном преобразователе при разгоне и в режиме генерации электроэнергии? Входили ли потери на функционирование криоустановки в расчет?

5. Из работы не ясно, как обеспечивались стандартные параметры выходного напряжения и частоты при уменьшении частоты вращения ротора? При какой частоте вращения прекращается токоотдача?

6. В диссертации не указан вклад автора в разработку и испытания экспериментальной установки электромеханического накопителя энергии 5 МДж? В чем заключалась его роль?

7. В диссертации некоторые рисунки (4.11, 4.16, 4.20 и др.) оформлены с ошибками указателей позиций, или без их указания, или позиции не расшифрованы.

При этом отмечено, что несмотря на отмеченные недостатки, представленная соискателем диссертационная работа отвечает требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор – Подгузов Владимир Андреевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата

технических наук по специальности 2.4.2. – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв на диссертацию официального оппонента Казакова Юрия Борисовича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электромеханики», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина».

Отзыв на диссертационную работу заверен Ученым секретарем Ученого совета ИГЭУ Вылгиной Ю. В.

В замечаниях по диссертационной работе указано:

1. Не в достаточной мере проработана система запуска и регулирования электромеханического накопителя энергии с ВТСП магнитным подвесом.

2. Не рассмотрены методы борьбы с гироскопическим эффектом, возникающим от вращения Земли, при длительном использовании устройства.

3. В пункте 2 научной новизны заявлено, что разработаны новые конструкции ВТСП магнитных подвесов с постоянными магнитами, но не приведены заявки на патенты.

4. В диссертации представлена методика расчета аэродинамических потерь электромеханического накопителя энергии, в приложении по этой методике проведена расчетная оценка аэродинамических потерь маломасштабной модели электромеханического накопителя энергии, но сопоставление с экспериментальными результатами отсутствует.

5. Встречаются стилистические и смысловые недочеты: на стр. 14 диссертации и в автореферате заявлено, что диссертация содержит 6 глав, но в оглавлении и тексте представлены только пять глав; пункты 10-12 заключения не подтверждены материалами в тексте диссертации; на стр. 98 утверждается, что энергетические параметры немагнитной машины на 30 % хуже, чем параметры машины из шихтованной электротехнической стали, но в тоже время рекомендуется для уменьшения потерь на перемагничивание железа статора,

мотор-генератор выполнять из немагнитных материалов и на стр. 100 (Табл. 3.12) приводится его КПД (96,4 – 98,7 %).

В заключении отзыва отмечено, что диссертация Подгузова Владимира Андреевича «Электромеханический накопитель энергии с магнитным ВТСП подвесом» выполнена на актуальную тему, содержит решение важной научно-технической задачи, обладает научной новизной, практической значимостью, является самостоятельной и законченной научно-квалификационной работой, которая по содержанию, объекту, направлению исследований и полученным новым научным результатам соответствует специальности 2.4.2. – «Электротехнические комплексы и системы». Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Подгузов Владимир Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв на диссертацию официального оппонента Курбатовой Екатерины Павловны, кандидата технических наук, доцента кафедры «Электромеханики, электрических и электронных аппаратов» (ЭМЭЭА), федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт».

Отзыв на диссертационную работу заверен заместителем начальника управления персоналом ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ» Полевой Л. И.

В замечаниях по диссертационной работе указано:

1. В введение указано, что достоинством всех типов накопителей является экологичность (не требуют топлива и при создании не используются вредные для экологии материалы). Однако хорошо известно, что существует проблема с аккумуляторными батареями, связанная с их безопасной для природы утилизацией.

2. Таблица В1 - при сопоставлении с аккумуляторными батареями не сравнивалась удельная энергоёмкость (запасаемая энергия). Хотя именно в этом па-

раметре КНЭ существенно уступает аккумуляторам. В тексте несколько раз отмечается высокая удельная энергоемкость, которая не присуща кинетическим накопителям энергии.

3. Выводы по главе 2 — удельная энергия определяется как кВт·ч/кг или МДж/кг. В тексте же идет сравнение не по удельной, а фактической запасенной энергии образцов кинетических накопителей энергии.

4. В тексте диссертации отсутствуют рекомендации по выбору формы маховика.

5. В описании методики расчета потерь на трение отсутствует уравнение баланса энергии для электромеханического накопителя энергии (3.2), на которую автор ссылается в тексте. Не все переменные, входящие в представленные в разделе уравнения, расшифрованы.

6. В диссертации предлагается методика расчета аэродинамических потерь и даны коэффициенты для воздушной, водородной и гелиевой среды. В чем целесообразность этих расчетов, если для сокращения потерь маховик кинетического накопителя энергии обычно вращается в вакууме?

7. Не представлена методика расчета ВТСП подшипника в Главе 3.

8. Не представлена схема конструкции мотор-генератора. Не проведена оптимизации магнитной системы ротора. Отсутствует информация о магнитном поле в зазоре или удельной мощности разработанной конструкции, необходимая для оценки потери мощности за счет безжелезной конструкции.

9. В выводах к 3 главе упоминается получение аналитических зависимостей для расчета мотор-генератора, однако в тексте диссертации эти зависимости и методика их получения не представлены.

10. В диссертации не представлен расчет собственных резонансных частот маховика с ВТСП и магнитным подвесом, учитывающим жесткости подшипников. Не представлены измеренные вибрационные характеристики кинетического накопителя энергии.

11. Требуется обоснование утверждения, представленного в диссертации, что ВТСП подвес обеспечивает демпфирование колебаний маховика.

12. В тексте диссертации отсутствует сопоставление расчетных и экспериментальных данных, на основе которого сделан вывод о верификации модели.

В заключении отзыва отмечено, что перечисленные недостатки не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы Подгузова Владимира Андреевича. Диссертация выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и соответствует требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней ВАК, а автор работы заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. – «Электротехнические комплексы и системы».

На автореферат поступило 7 (семь) отзывов (все отзывы положительные).

1. Отзыв на автореферат диссертации АО «НТЦ ФСК ЕЭС» (г. Москва), составленный заместителем научного руководителя АО «НТЦ ФСК ЕЭС», доктором технических наук, действительным членом АЭН РФ, Сытниковым В. Е., заверенный научным руководителем АО «НТЦ ФСК ЕЭС» Панфиловым Д. И., содержит следующие замечания:

1. Не ясно, каковы тепловые режимы работы мотор-генератора при накоплении, хранении и обратном преобразовании запасённой механической энергии;

2. Не приведен сравнительный анализ затрат на обслуживание рассматриваемых накопителей энергии по сравнению с затратами на обслуживание альтернативных устройств накопления энергии;

3. В пятой главе приведено описание, основные параметры и результаты экспериментальных исследований ЭМН с запасенной энергией 5 МДж, однако возникает вопрос о дальнейшей судьбе устройства, например, его установки на опытную эксплуатацию на каком-либо реальном объекте;

4. В автореферате указано: «Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения...», однако в работе только 5 глав.

2. Отзыв на автореферат диссертации ОАО «ВНИИКП» (г. Москва), составленный заместителем заведующего и научным руководителем отделения № 4 ОАО «ВНИИКП», доктором технических наук, Высоцким В. С., заверенный директором научного направления-заведующим отделением № 4 ОАО «ВНИИКП», доктором технических наук Фетисовым С. С., содержит следующие замечания:

1. На с.10 «ЭМН большой мощности». Накопитель характеризуется запасаемой энергией, а мощность определяется временем её вывода. Отсутствует рис.5.

2. На с.11 упоминается рис. 6б. Про рис. 6а ничего не сказано.

3. На с.19 отсутствуют рис. 16а и рис. 16б.

4. По тексту автореферата имеются редакционные замечания.

3. Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ) (г. Москва), составленный заведующим кафедрой «Электроэнергетика транспорта» доктором технических наук, доцентом, Шевлюгиным М. В., заверенный директором ЦКДДС автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ) Коржиным С. Н., содержит следующие замечания:

1. Не понятно, почему запасаемая удельная энергия измеряется в [МДж], безотносительно к чему-либо, ведь это же удельный показатель.

2. Не ясно, в каких случаях применение электромеханических накопителей энергии выгоднее использования энергоёмких аккумуляторных батарей.

3. Не отмечено, до каких уровней мощности справедлива предложенная методика расчёта мотор-генератора.

4. Не указана величина момента инерции спроектированного накопителя кинетической энергии.

5. Не ясно, каким способом обеспечивается балансировка накопителя кинетической энергии для исключения негативного поперечного давления на опор-

ные подшипники.

6. Не ясно, каково время накопления запасаемой механической энергии, и каково время её преобразования в электрическую энергию при выбранной мощности мотор-генератора с учётом неизбежных потерь механической и электрической энергии.

4. Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вятский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВятГУ») (г. Киров), составленный и. о. заведующего кафедрой «Электрических машин и аппаратов им. А. С. Большева», кандидатом технических наук Тимошенко В. Н. и доцентом кафедры ЭМА ВятГУ, кандидатом технических наук, доцентом Шестаковым А. В., утвержденный проректором по науке и инновациям ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» Литвинцом С. Г., заверенный начальником Управления по работе с персоналом ФГБОУ ВО «ВятГУ» Михайленко Е. Н., содержит следующие замечания:

1. В главах 3, 4 и 5 приведены результаты расчетов и исследований электромеханических накопителей энергии, существенно отличающихся друг от друга по массам маховиков и мощностям, конструкциям маховиков и электромеханической части. Насколько корректным для обоснования расчетных методик является сопоставление приведенных в автореферате характеристик этих машин?

2. В автореферате не приводится сопоставление удельной стоимости производства и эксплуатации (на единицу энергии) накопителей на основе химических источников, статических сверхпроводниковых индуктивных накопителей и электромеханических преобразователей. Также было бы интересным сравнение энергетических и стоимостных показателей электромеханического накопителя энергии с аналогичными показателями накопителей на базе суперконденсаторов.

3. К сожалению, в автореферате имеются ссылки на несуществующие рисунки.

5. Отзыв на автореферат диссертации АО «Объединенная двигателестроительная корпорация», филиал «Машиностроительное конструктор-

ское бюро» Горизонт» (г. Дзержинский МО), составленный заместителем главного инженера АО «ОДК» филиал «МКБ» Горизонт», кандидатом технических наук Маевским В. А., содержит следующие замечания:

1. Из автореферата неясно, каково эффективное значение запасаемой энергии испытанного электромеханического накопителя энергии вследствие того, что генератор не может отдать в сеть всю запасенную энергию из-за снижения напряжения на его выходе в процессе торможения маховика.

2. На стр. 12 содержится вывод о том, что стальную оболочку на диск нужно устанавливать с натягом 0,25 мм. Были ли оценены напряжения в оболочке, возникающие в ней при установке с таким натягом?

3. Из автореферата неясно, проводились ли расчёты устойчивости магнитных опор и существует ли методика такого расчёта.

4. На стр. 8 рис. 3 автореферата отсутствует позиция «ж» — диск равной прочности.

5. На стр. 10 имеется ссылка на отсутствующий в тексте автореферата рис. 5 с семейством кривых $n(t)$ от $P_{\text{мг}}$.

6. В тексте Заключения автореферата п. 10 стр. 21 делается вывод о необходимости уменьшения величины магнитного зазора и температуры ВТСП для увеличения устойчивости ВТСП опор, однако это бесспорное суждение не подтверждается соответственными исследованиями или расчетами технологических параметров самого автора.

6. Отзыв на автореферат диссертации АО «Аэроэлектромаш» (г. Москва), составленный главным специалистом отделения электрических машин, кандидатом технических наук, Куприяновым А. Д., заместителем генерального директора по инновационным разработкам Довгалёнком В. М., заверенный начальником отдела кадров АО «Аэроэлектромаш» Ерохиным Н.И., содержит следующие замечания:

1. В автореферате не всегда корректно применяется термин удельная энергия с размерностью МДж.

2. Практический интерес представляет информация о уровнях предельных запасенных энергий электромеханического накопителя энергии, рекомендациях по выбору частот вращения, окружных скоростей и др.

3. На с.5 в разделе «Научная новизна» п.4 указано, что разработана новая методика расчета синхронной электрической машины без ферромагнитопровода, но не раскрыты ее особенности и преимущества.

4. На с.10 «электромеханический накопитель энергии большой мощности». Накопитель характеризуется запасаемой энергией, а мощность определяется временем её вывода. Отсутствует рис.5.

5. На с.17 не ясен смысл фразы «электромеханический накопитель энергии сохраняет устойчивость при набросе нагрузки в режиме разгона при прекращении разгона маховика.

7. Отзыв на автореферат диссертации Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушной академии имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж), составленный профессором 91 кафедры электрооборудования (и оптико-электронных систем) Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушной академии имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», кандидатом технических наук, доцентом Онуфриенко В. В., заверенный старшим помощником начальника строевого отдела Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушной академии имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» Фокиным Ю. В., содержит следующие замечания:

1. Не приводится методика, на основании которой осуществлялся расчет объема ВТСП материалов, для обеспечения необходимой магнитолевитационной силы в подвесе электромеханического накопителя энергии.

2. Не понятно, с какой целью использована различная частота напряжения для разных режимов работы мотор-генератора: 400 Гц для питающего напряжения в двигательном режиме; 50 Гц выходного напряжения в генераторном режиме.

3. Отсутствует рисунок 5, на который ссылается автор.

4. Имеются стилистические и грамматические погрешности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной и практической компетентностью в области электромеханики, сверхпроводимости, электротехнических комплексов и накопительных систем, неотъемлемой частью которых является электромеханический накопитель энергии с магнитным ВТСП подвесом — объект диссертационного исследования. Высокая научная и практическая компетентности официальных оппонентов и ведущей организации подтверждаются публикациями в научных изданиях. Оппоненты являются сотрудниками разных организаций и не имеют совместных публикаций с соискателем.

Выбор Казакова Ю. Б., доктора технических наук, профессора, в качестве официального оппонента обуславливается его широкой известностью и профессиональной компетентностью в области электромеханики, электроэнергетики, электромеханических комплексов и систем, в том числе электрических машин, которые являются частью объектов диссертационного исследования. За последние 5 лет Казаковым Ю. Б. в рецензируемых отечественных и международных журналах опубликовано 15 работ по тематике диссертации.

Выбор Курбатовой Е. П., кандидата технических наук, в качестве официального оппонента связан с тем, что она является известным специалистом по проблемам применения магнитных ВТСП подвесов в составе электромеханических накопителей энергии. За последние 5 лет Курбатовой Е. П. в рецензируемых отечественных и международных журналах опубликовано 10 работ по профилю диссертации.

Выбор ведущей организации — федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»), обусловлен ее достижениями в

области разработки электромеханических устройств, в том числе и на основе синхронных электрических машин, и систем управления различными объектами, содержащих электромеханические приводы. Специалисты ведущей организации осуществляют прикладные практические исследования в области разработки накопительных систем и их узлов связанной с минимизацией потерь и повышением коэффициента полезного действия, о чем свидетельствует ряд публикаций по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– впервые предложен комплексный подход к разработке электротехнического комплекса электромеханического накопителя энергии с ВТСП магнитным подвесом, включающий совместную разработку мотор-генератора, маховика, магнитной опоры и ВТСП магнитных подшипников;

– разработана новая методика расчета полностью «безжелезных» синхронных электрических машин, основанная на аналитическом и численном расчете двумерных полей в активной зоне машины;

– разработана методика расчета ВТСП подшипников и магнитной опоры электромеханических накопителей энергии, отличающаяся уточненным расчетом аэродинамических потерь при вращении с учетом конструкции маховика, его разогрева и изменения аэродинамического сопротивления;

– проведен сопоставительный анализ теоретических расчетов по предложенным методикам с экспериментальными данными созданных макетных образцов электромеханических накопителей энергии, доказавший корректность разработанных методик;

– впервые в России разработан, изготовлен и испытан опытный образец электромеханического накопителя энергии с магнитным ВТСП подвесом с запасаемой энергией до 5 МДж, что дает новые возможности для развития систем бесперебойного электроснабжения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- впервые предложен комплексный подход к разработке электромеханических накопителей энергии с ВТСП магнитным подвесом;
- разработаны новые конструкции и методики расчета ВТСП магнитных подвесов с постоянными магнитами;
- впервые предложено использовать магнитную опору с целью обезвешивания маховика в составе электромеханического накопителя энергии для обеспечения его длительной стабильной работы;
- разработана новая методика расчета синхронной электрической машины без ферромагнитопровода;
- предложена и экспериментально отработана перспективная технология создания многослойного маховика с бандажированием из углеволоконного материала.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики заключается в том, что:

- предложена и апробирована новая инженерная методика расчета синхронных электрических машин с немагнитным индуктором и якорем, для уменьшения магнитных потерь и увеличения времени работы электромеханического накопителя энергии;
- разработана технология создания бесконтактных подшипников на основе ПМ и ВТСП с охлаждением жидким азотом;
- впервые в России разработан, изготовлен и испытан опытный образец электромеханического накопителя энергии с магнитным ВТСП подвесом с запасаемой энергией до 5 МДж;
- проведена коррекция методики определения аэродинамических потерь при вращении маховика в зависимости от его геометрии и окружающей среды;
- проведена верификация теоретических расчетов на основе конечно-элементного моделирования и экспериментальных исследований макетных образцов электромеханических накопителей энергии, подтвердившие корректность разработанных методик;

– показано, что введенные в конструкцию электромеханического накопителя энергии новые технологические решения дали возможность существенно увеличить время хранения запасенной энергии и применять такие накопители в различных областях народного хозяйства;

– результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» института №3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» МАИ (Акт № 300-17/263) и в разработки ООО НПФ «Энергомаг» (Акт от 18 января 2024 г.).

Достоверность результатов подтверждается тем, что:

– корректно использованы основные законы электродинамики, электромеханики, прикладной сверхпроводимости и современные апробированные программные продукты компьютерного моделирования;

– основные положения и результаты, полученные в диссертационной работе, подтверждены экспериментальными исследованиями электромеханических накопителей энергии.

Личный вклад автора состоит в:

– разработке концепции создания электромеханических накопителей энергии различной мощности и назначения;

– разработке методики оценки аэродинамических потерь вращающихся частей электромеханического накопителя энергии;

– разработке методики запуска и регулирования электромеханического накопителя энергии во всем диапазоне режимов работы.

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 Подгузов В. А. обстоятельно и аргументировано ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 18 июня 2024 г. **диссертационный совет принял решение:** за решение актуальной научно-технической задачи, имеющей значение для развития теории расчета, проектирования и разработку экспериментальных образцов электромеханических накопителей энергии с магнитными ВТСП подвесами — создание новых и уточнение существующих методик проектирования электромеханических накопителей энергии на основе магнитных ВТСП подвесов, присудить Подгузову Владимиру Андреевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.4.2. — «Электротехнические комплексы и системы», участвовавших в заседании, из 15 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 24.2.327.11
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

Пенкин Владимир
Тимофеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.327.11
кандидат технических наук,
доцент

Дежин Дмитрий
Сергеевич

18 июня 2024 года

Начальник отдела УДС МАИ
Т.А. Аникин

