

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Занегина Сергея Юрьевича по теме **«Исследования потерь в обмотках на основе высокотемпературных сверхпроводников второго поколения для электрических машин переменного тока»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»

Повышение экономичности современной авиации является важной и актуальной научно-технической задачей. В большой степени это касается гражданской авиации с точки зрения финансовых показателей авиакомпаний. Эта же задача стоит при создании летательных аппаратов военного, транспортного, сельскохозяйственного назначения при решении проблем увеличения дальности полета, повышения грузоподъемности. Один из путей решения этой задачи – увеличение доли электроэнергии в общем энергобалансе самолета, что декларируется в концепции «более электрического самолета». Дальнейшим развитием этой концепции является полностью электрический самолет.

Реализация поставленной задачи основана на создании электрических машин с высокой удельной мощностью (более 10-20 кВт/кг). Таких параметров можно добиться только при использовании высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). В настоящее время наибольшее применение нашли ВТСП в виде ленты с напыленным слоем сверхпроводника (провода второго поколения – 2G). ВТСП позволяют существенно повысить плотность тока при относительно высокой рабочей температуре 77К, тем самым, уменьшая массу обмоток и, в некоторых случаях, отказываясь от магнитопровода.

Работа ВТСП на постоянном токе в настоящее время хорошо изучена. Однако на переменном токе ВТСП используется достаточно редко.

Одним из главных ограничивающих факторов для применения ВТСП являются потери, которые должны быть отведены из катушек. Аналитическое, численное и экспериментальное определение потерь – одна из главных проблем при создании высокоэффективных электрических машин.

Целью диссертационной работы С.Ю. Занегина является разработка экспериментальных методик и численных алгоритмов для определения и анализа потерь в ВТСП 2G обмотках электрических машин, работающих в различных нестационарных режимах.

Научная новизна работы заключается в создании численной методики расчета потерь в катушках из ВТСП ленты с учетом нелинейности ВАХ и ориентации внешнего магнитного поля, разработке уникального экспериментального оборудования, на котором проведены измерения потерь в ВТСП катушках при переменном синусоидальном токе, а также при переменном токе с ШИМ.

Полученные С.Ю. Занегиным результаты позволят в дальнейшем проектировать оптимальные системы криогенного обеспечения электрических машин с ВТСП катушками на постоянном и переменном токах.

**Замечания:**

1. В тексте автореферата не показан учет величины и ориентации собственного магнитного поля катушек, значительно превышающего магнитное поле короткого образца.

2. Не показана методика исследования и экспериментальные результаты влияния ориентации внешнего магнитного поля на ток ВТСП ленты.

3. В схеме испытаний, приведенной на рисунке 18 автореферата, не указан тип датчика, применяемого для измерения момента и частоты вращения. Это не позволяет оценить погрешности измерения механической мощности в опыте «испытания сверхпроводниковой машины в режиме генератора».

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Занегин Сергей Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Начальник конструкторско-исследовательского отдела  
ПАО «Научно-исследовательского проектно-конструкторского и  
технологического института электромашиностроения»,  
доктор технических наук по специальности 05.09.01,

Захаров Алексей Вадимович

«01» декабря 2021 г.

Почтовый адрес: 60009 г. Владимир, ул. Электrozаводская д.1.

тел: 8 (4922) 33-13-37,

e-mail: [main@niptiem.ru](mailto:main@niptiem.ru), сайт: [www.niptiem.ru](http://www.niptiem.ru)

Подпись Захарова А.В. удостоверяю

Директор по науке

Пискунов Сергей Валентинович