

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения  
высшего образования «Иркутский  
государственный университет путей  
сообщения», к.т.н.

В диссертационный совет  
44.2.001.01, созданный на базе  
ФГБОУ ВО «Дальневосточный  
государственный университет  
путей сообщения»  
680021, г. Хабаровск,  
ул. Серышева, д. 47

✓  
✓

### ОТЗЫВ

ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» на диссертационную работу Заболотного Владимира Владимировича на тему «Совершенствование оценки весовой нормы поезда с использованием уточненной модели нагрева тягового электродвигателя», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.3 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» (технические науки)

#### 1. Актуальность темы диссертации

Совершенствование работы локомотивного комплекса неразрывно связано со Стратегией развития холдинга ОАО «РЖД» до 2030 года, основной задачей которой является переход на качественно новый уровень оказания услуг при организации железнодорожных перевозок грузов и пассажиров. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2021 г. №1100-р утвержден паспорт инвестиционного проекта «Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей (второй этап)» (далее – Распоряжение), целевым показателем которого является увеличение провозной способности Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей в полтора раза, до 180 млн. тонн в год в 2024 году.

Достижение целевых показателей также зависит от вождения грузовых поездов массой 7100 тонн в границах Восточного полигона (распоряжение

от 7 ноября 2019 г. № ЦД-232/р «Об организации пропуска поездов массой 7100 тонн с электровозами серии 3ЭС5К с поосным регулированием силы тяги на участке Мариинск-Хабаровск-II»), что, несомненно, приводит к увеличению случаев эксплуатации тяговых электродвигателей (ТЭД) электровозов серии ЭС5К при токе часового режима и, как следствие, к их существенному нагреву. Характерно, что на железных дорогах Восточного полигона наиболее часто отмечаются нарушения ритмичности движения поездов. Данный факт, в том числе зависит и от сложных климатических условий эксплуатации современных электровозов.

Электрические машины локомотивов, в том числе эксплуатируемых на Восточном полигоне, имеют недостаточную надежность и, по-прежнему, остаются на лидирующих позициях по количеству отказов. Интенсивное тепловое воздействие дополняется износом, вызванным увеличением колебаний температуры обмоток при вождении поездов повышенной массы и эксплуатацией электровозов при низкой температуре окружающей среды, когда из-за уменьшения влаги в воздухе снижается упругость изоляции. Из анализа научных работ, автором сделан вывод, что ни один из описанных методов не предлагает комплексной методики или модели для решения масштабной проблемы нагрева всего тягового двигателя с учетом распределения теплового поля по каждой детали и узлу (по зонам) с учетом влияния их собственного нагрева при различных условиях эксплуатации. Как пример, микропроцессорная система управления и диагностики МСУД-015 (МСУД) контролирует изменение температурных режимов только лишь по четырем элементам: компенсационная обмотка (КО), главный и добавочный полюса (ГП и ДП), якорь (Я), без учета распределения температуры в различных их точках.

Диссертационная работа посвящена разработке методики оценки нагрева элементов тягового двигателя в любой их точке (по зонам) во время эксплуатации.

## **2. Новизна исследования, результатов, выводов и рекомендаций**

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- автором разработана математическая модель оценки температуры элементов двигателя в условиях эксплуатации;

- предложена усовершенствованная методика оценки весовой нормы поезда с учетом распределения температурного поля и нагрева в пределах каждой детали и узла электродвигателя.

### **3. Практическая значимость предложенных решений**

Выполненная соискателем работа имеет важное практическое значение для локомотивного хозяйства. Результаты, полученные при использовании усовершенствованной методики оценки весовой нормы поезда, позволят повысить точность расчета, что является основанием для внесения изменений в Приказ об установлении норм массы и длины поездов от 10 апреля 2024 г. № ЦТ-50 и способствует улучшению эксплуатационных характеристик локомотивов, снижению затрат на обслуживание и увеличению их ресурсного потенциала.

В условиях промышленной эксплуатации машин и механизмов с электродвигателями постоянного тока, метод может быть также применен к иному рельсовому или безрельсовому транспорту.

### **4. Обоснованность и достоверность научных положений и результатов**

Достоверность научных результатов диссертации обеспечена верификацией разработанной модели по массе и температуре на основании конструкторской документации ТЭД серии НБ 514Б завода-изготовителя ООО «ПК НЭВЗ» и выполненных исследованиях температурных режимов работы двигателя на базе электромашиного цеха сервисного локомотивного депо Дальневосточное в рамках приемо-сдаточных испытаний.

Помимо верификации разработанной автором модели, достоверность подтверждается её апробацией в рамках технического отдела Дальневосточной дирекции тяги и двумя свидетельствами о государственной регистрации программы для ЭВМ

## 5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность

В первой главе автором проведен анализ надежности узлов электровозов серии ЭС5К, и научных трудов, посвященных повышению надежности работы тяговых электродвигателей подвижного состава железных дорог, изучению нагрева их элементов, техническому диагностированию и ремонту.

Вторая глава описывает в основной части системы и модели, позволяющие осуществить дискретный и непрерывный контроль параметров работы локомотивов.

В третьей главе автором разработана математическая модель расчета потерь в электродвигателях пульсирующего тока с учетом аппроксимации существующих тепловых характеристик.

В четвертой главе рассмотрены и решены вопросы автоматизации расчетов. Разработанная автором модель верифицирована по масса-габаритным и тепловым параметрам, предоставлены: акт и протокол испытаний.

В пятой главе разработана и предложена методика оценки весовой нормы поезда с учетом распределения температурного поля в ТЭД по его узлам и деталям.

В шестой главе представлен расчет экономического эффекта от применения разработанной методики.

Приложение 1 содержит математическую модель расчета потерь и температуры в ТЭД, разработанную в Maple.

Приложение 2 содержит результаты расчета потерь в НБ-514Б на участке Смоляниново – Находка.

Приложение 3 содержит график зависимости потерь от тока и скорости для заданного участка.

Приложение 4 содержит базу данных узлов и деталей ТЭД серии НБ-514Б.

Приложение 5 содержит акт внедрения результатов исследования в Дальневосточной дирекции тяги.

Приложение 6 содержит свидетельство о регистрации программы для расчета потерь в тяговых электродвигателях.

Приложение 7 содержит свидетельство о регистрации автоматизированной системы расчета температуры тяговых электродвигателей.

Приложение 8 содержит свидетельство о регистрации базы данных узлов и деталей тяговых электродвигателей пульсирующего тока серии НБ-514.

Апробация и публикации основных результатов исследования охватывают период от 2020 по 2023 годы. Результаты диссертационного исследования получили необходимую апробацию, о чем свидетельствуют выступления автора на международных, федеральных и краевых научно-практических конференциях и научно-технических семинарах. Темы публикаций и докладов относятся к теме диссертации и в достаточном объеме раскрывают суть исследования.

Содержание диссертационной работы изложено в 10-и научных работах, из них 2 статьи в отраслевых журналах и трудах научных конференций (одна без соавторства), 5 статей в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК Российской Федерации, 2 программы для ЭВМ, 1 база данных (без соавторства), что соответствует требованию п. 13 Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Представленная диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, является законченной научно-квалификационной работой. Структура и оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011.

## **6. Вопросы и замечания по диссертационной работе**

1. В первой главе диссертации автор анализирует отказы локомотивов серии ЭС5К, хотя таких серий локомотива не существует?
2. Первый раздел диссертации перегружен описанием материалов и конструкции тягового электродвигателя серии НБ-514, однако материалы изоляций токоведущих частей ТЭД отсутствуют.
3. В первой главе диссертации рассмотрена статистика отказов элементов локомотивов Ермак, на первых местах КЗП, якорь ТЭД, и коллекторно-щеточный аппарат ТЭД, остов ТЭД почему-то отсутствует, рис. 1.1. Однако, рассматривая

внеплановые ремонты, оказывается, что полюса и компенсационная обмотка все же дают 20% причин постановки на ремонт (рис. 1.3).

4. В третьей главе диссертации оцениваются мощности в различных частях двигателя. Непонятно, являются ли формулы (3.4-3.8) изобретением автора, либо откуда-то заимствованы?

5. В описании результатов, представленных в автореферате, глава 4, после рисунка 6 следует вывод, о том, что максимальную температуру нагрева имеет обмотка якоря, при этом из рисунков 8 и 9 следует, что температура нагрева главных полюсов выше.

6. В четвёртой главе производится сборка двигателя в виртуальной модели и анализ температуры в программе FlowSimulation, а также сравнение температуры доступных для контроля точек с температурами расчета. Разница температур получена примерно в градус, чем объясняется такая точность непонятно?

7. На рисунке 3 автореферата при пиковых значениях потерь ток изменяется до нуля, при этом скорость меняется разнонаправленно. Чем обоснованы такие изменения скорости?

8. В автореферате некоторые графики представлены трудно читабельны.

9. Ничего не сказано о влиянии изоляции на теплопроводность и передачу тепла из одних элементов двигателя в другие.

10. По тексту как автореферата к диссертации, так и в самой диссертации встречаются ошибки в склонениях, падежах, потеряны буквы в словах.

Отмеченные замечания не оказывают существенного влияния на основные научные и прикладные результаты диссертационной работы и ее безусловную положительную оценку.

## **7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертация Заболотного Владимира Владимировича по степени научной новизны, практической ценности и объему выполненных исследований соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой

степени кандидата наук в соответствии с Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.3 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

Диссертация Заболотного Владимира Владимировича рассмотрена на заседании кафедры «Электрический транспорт» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения». По результатам обсуждения диссертации принято положительное заключение.

Заведующий кафедрой «Электрический транспорт» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», доктор технических наук по специальности 2.9.3 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»

*а* *а*  
Олег Валерьевич Мельниченко

664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15  
+7 (3952) 63-83-11  
mail@irgups.ru  
http://www.irgups.ru



*Мельниченко О. В.*  
*Мельниченко*  
Ч.Г.