

Хомченко Дмитрий Николаевич

**УВЕЛИЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА
КОЛЛЕКТОРНЫХ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ
НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ЩЕТКОДЕРЖАТЕЛЕЙ**

Специальность: 05.22.07 - Подвижной состав железных дорог,
тяга поездов и электрификация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ростов-на-Дону – 2015

Работа выполнена на кафедре «Электрический подвижной состав» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВПО РГУПС)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Петрушин Александр Дмитриевич,
заведующий кафедрой «Электрический
подвижной состав» ФГБОУ ВПО РГУПС

Официальные оппоненты: Мазнев Александр Сергеевич
доктор технических наук, профессор,
кафедра «Электрическая тяга»
ФГБОУ ВПО «Петербургский государствен-
ный университет путей сообщения»

Сташинов Юрий Павлович
кандидат технических наук, доцент,
кафедра «Технология и комплексы горных,
строительных и металлургических произ-
водств» Шахтинского института (филиала)
ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государ-
ственный политехнический университет
(НПИ) им. М.И. Платова»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Московский государствен-
ный университет путей сообщения»
(МГУПС (МИИТ))

Защита диссертации состоится «16» декабря 2015 года в 16.00 на заседа-
нии диссертационного совета Д 218.010.01 в ФГБОУ ВПО «Ростовский госу-
дарственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВПО РГУПС) по адресу:
344038, Ростов-на-Дону, пл. им. Ростовского Стрелкового Полка Народного
Ополчения, 2, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВПО
РГУПС по адресу: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового
Полка Народного Ополчения, д. 2 и на сайте <http://www.rgups.ru>

Автореферат разослан «___» октября 2015 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 218.010.01,
доктор технических наук, профессор

Соломин В.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Будущее развитие железнодорожного транспорта в России связано с широким использованием бесколлекторных тяговых электродвигателей (ТЭД). На электровозах отечественного производства ЭП10, ЭП20, 2ЭС5, 2ЭС10 эксплуатируются асинхронные ТЭД с короткозамкнутым ротором с тяговыми преобразователями иностранного производства. ТЭД постоянного тока пока еще доминируют на отечественном подвижном составе. На железных дорогах РФ в настоящее время эксплуатируются 174 электровоза с асинхронными ТЭД и 10466 электровазов с коллекторными ТЭД, что составляет 98,4 %. Аналогичная ситуация и с парком тепловозов. Находятся в эксплуатации 50 тепловозов с асинхронными ТЭД и 10096 тепловозов с коллекторными ТЭД, что составляет 99,5%.

Тем не менее, коллекторные ТЭД будут постепенно заменены. Однако процесс перехода на бесколлекторные двигатели будет длительным, и полного исключения ТЭД постоянного тока из тяги поездов в ближайшее время не произойдет. Это объясняется следующими причинами:

- асинхронный ТЭД с силовым преобразователем и системой управления существенно дороже, чем ТЭД постоянного тока;
- отсутствуют силовые полупроводниковые приборы российского производства, в полной мере способные заменить продукцию ведущих мировых производителей силовой электроники;
- отсутствие в достаточном количестве средств для коренной модернизации производства и технического обслуживания ТЭД с асинхронными тяговыми электродвигателями.

Даже после полного перехода на бесколлекторные ТЭД небольшая ниша для использования ТЭД постоянного тока останется из-за соображений безопасности и живучести подвижного состава, так как в отличие от бесколлекторных электрических машин, ТЭД постоянного тока может управляться и без помощи полупроводниковых элементов.

Надежность электрического железнодорожного транспорта в эксплуатации во многом определяется типом установленного ТЭД. Опыт эксплуатации электровазов на железных дорогах РФ свидетельствует о том, что количество отказов из-за неисправностей ТЭД постоянного и пульсирующего тока достаточно высоко и продолжает расти. После заводского ремонта количество отказов еще возрастает.

По данным анализа ОАО «РЖД», за первое полугодие 2015 года общее количество отказов ТЭД локомотивов составило 4259 случаев или от 4 до 5 случаев на 1 млн км пробега.

Суммарное количество отказов ТЭД, приходящихся на коллекторно-щеточный аппарат, составляет 23,7 % от общего количества отказов, что свидетельствует о большой повреждаемости этого узла ТЭД.

На электровозостроительных заводах России существует производство тяговых ТЭД постоянного тока, которое совершенствовалось десятилетиями, уровень надежности коллекторно-щеточного узла значительно вырос, но остались еще резервы для улучшения его работы. Основные направления повышения качества коммутационного процесса связаны с дальнейшим развитием теории токосъема, совершенствованием конструкции узла коммутации и улучшением свойств материалов коллекторно-щеточного узла.

В диссертации **объектом исследования является** электрический подвижной состав с коллекторными ТЭД.

Цель работы: увеличение эксплуатационного ресурса коллекторных ТЭД электровозов путем разработки и внедрения теоретически обоснованных новых технических решений по улучшению качества коммутации ТЭД.

Предмет исследования: методы оценки и анализа коммутационной устойчивости коллекторных ТЭД электровозов, позволяющие реализовать конструкцию щеткодержателя, которая обеспечивает улучшение коммутации.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

- проведен аналитический обзор и анализ основных теорий коммутационных процессов коллекторных ТЭД электровозов;
- исследована физическая сущность изменения тока в коммутируемой пассивной секции при медленном вращении якоря;
- разработан новый тип щеткодержателя, улучшающий коммутационный процесс;
- выполнены исследования по определению зоны безыскровой работы ТЭД;
- проведены эксплуатационные испытания ТЭД на электровозе.

Методы исследования: при решении поставленных задач в области исследования коммутационных процессов использованы методы теории цепей, экспериментальные исследования, эксплуатационные испытания.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

- установлено, что путем целенаправленного изменения параметров и конфигурации щеток можно существенно снизить их износ и улучшить коммутационный процесс;
- разработана и испытана новая конструкция щеткодержателя для электровозов с ТЭД пульсирующего тока, позволяющая снизить износ щеток;
- доказано, что в процессе эксплуатации ТЭД пульсирующего тока на искровой износ щеток решающее влияние оказывают механические факторы.

Практическая ценность: представленные результаты могут быть использованы для улучшения эксплуатационных показателей коллекторных ТЭД электровозов. Эксплуатационные испытания опытных щеткодержателей показали снижение расхода электрощеток и потребности работ по механической обработке рабочей поверхности коллекторов. При эксплуатации коллекторных ТЭД можно будет достигнуть увеличения межремонтных пробегов, снижения случаев захода локомотивов на неплановый ремонт.

Реализация результатов работы: результаты диссертационной работы внедрены в эксплуатационном локомотивном депо ТЧЭ-6 Батайск - структурного подразделения Северо-Кавказской дирекции тяги - структурного подразделения Дирекции тяги - филиала ОАО «РЖД».

Научные положения, выносимые на защиту:

- алгоритм целенаправленного изменения параметров щеток, позволяющий улучшить качество коммутации коллекторных ТЭД;
- анализ электромагнитных и механических факторов, влияющих в процессе эксплуатации на искровой износ щеток при использовании на электровагонах с коллекторными ТЭД новых конструктивных решений по токосъемному узлу.

Достоверность и обоснованность основных полученных результатов диссертационной работы обеспечены:

- корректностью принятых допущений при математическом моделировании физических процессов;
- сопоставлением данных математического моделирования с экспериментальными, полученными на опытных образцах щеткодержателей.

Апробация работы. Основные материалы и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- Международной научно-практической конференции «Транспорт-2013», РГУПС, Ростов-на-Дону, 2013 год;
- Международной научно-практической конференции «Транспорт-2014», РГУПС, Ростов-на-Дону, 2013 год;
- Международной научно-практической конференции «Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса юга России», РГУПС, Ростов-на-Дону, 2015 год.

Публикации и патенты. По материалам диссертационной работы опубликовано 6 печатных работ, из них 2 в изданиях, рекомендованных ВАК, получено два патента на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 50 наименований. Общий объем работы составляет 108 страниц, 45 рисунков, 3 таблицы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, подтверждаемая статистическими данными о состоянии парка локомотивов с коллекторными ТЭД. Представлена ее структура и объем, сформулированы цели и задачи исследований, перечислены основные результаты, выносимые на защиту, определена их новизна и практическая значимость.

В первой главе дан анализ существующих теорий коммутации коллекторных ТЭД: классической теории коммутации, «среднелинейной» коммутации, «оптимальной» коммутации.

Приведенный анализ существующих теорий коммутации позволяет сделать вывод о том, что ее математический аппарат развит только для случая, ко-

гда контакт щетки осуществляется лишь с одной пластиной коллектора (одно-ламельное щеточное перекрытие). Однако на практике щетка перекрывает несколько ламелей коллектора и требуется составить непротиворечивое с физической точки зрения аналитическое описание процесса коммутации для этого практически важного случая.

Вторая глава посвящена теоретическим вопросам по исследованию физической сущности процесса изменения направления тока в коммутируемой секции, рассмотрена зависимость коммутации тока от параметров щеток.

Исследовался коммутационный процесс в общем случае, когда щетка перекрывает несколько пластин коллектора при допущении, что в короткозамкнутых секциях отсутствуют какие-либо ЭДС. Практически это осуществимо при очень малой индуктивности этих секций и отсутствии в зоне их коммутации внешних полей, либо при низкой скорости вращения якоря.

Предположим, что к коллектору, который вращается с пренебрежительно малой окружной скоростью, присоединена простая петлевая обмотка, и через щетку, перекрывающую пять коллекторных пластин, протекает постоянный ток нагрузки I (рисунок 1). Где $i_{n1}, i_{n2}, i_{n3}, i_{n4}, i_{n5}$ и i_{n6} – токи коммутации в пассивных секциях; $i_{л1}, i_{л2}, i_{л3}, i_{л4}$ и $i_{л5}$ – составляющие тока нагрузки I , протекающие через ламели коллектора, к которым подключены короткозамкнутые секции.

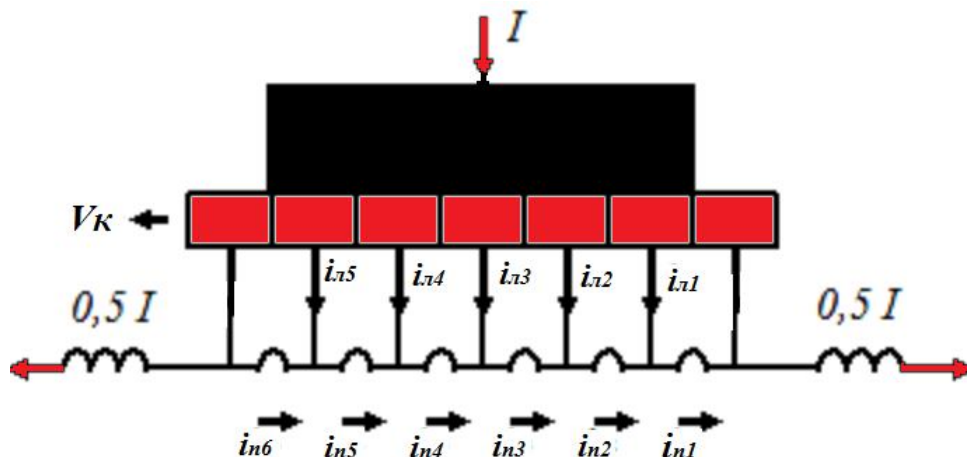


Рисунок 1. Коммутация тока якоря в пассивной секции

В этом случае короткозамкнутые секции можно считать пассивными и для момента времени, при расположении элементов (рисунок 1), для токов коммутации этих секций на основании первого закона Кирхгофа можно записать:

$$i_{n(k+1)} = 0,5I - \sum_{k=1}^{\gamma} i_{лк} \quad , \quad (1)$$

где $k = 0, 1, \dots, \gamma$; $\gamma = \gamma_p - \varepsilon$ ($\varepsilon < 1$) – число полностью перекрытых щеткой коллекторных пластин.

Однако формула (1) описывает лишь стационарное состояние токо-съемного узла коллектор-щеткой при неподвижном коллекторе.

Обозначим через x расстояние на контактной дуге щетки, пройденное коллекторными пластинами, с которыми соединена рассматриваемая секция, от начала ее короткого замыкания (рисунок 2). Далее это расстояние называется коммутационным путем секции. В случае простой петлевой обмотки для тока коммутации пассивной секции, прошедшей коммутационный путь x , с учетом (1) можно записать

$$i_n(x) = 0,5I - I(x), \quad (2)$$

где $I(x)$ – ток нагрузки, протекающий через участок контактной дуги щетки, равный коммутационному пути секции x .

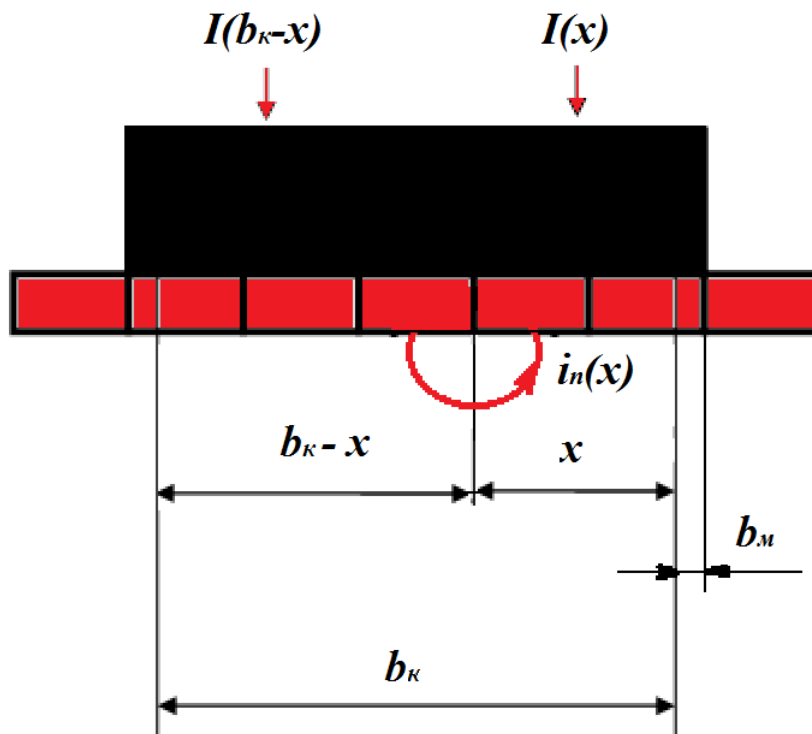


Рисунок 2. Коммутационный путь секции

Согласно (2) изменение тока в короткозамкнутой секции можно представить как непрерывное влияние на этот процесс тока нагрузки $I(x)$ на всем протяжении коммутационного пути x . При этом ток $I(x)$ изменяется от нуля до I . Следовательно, при перекрытии щеткой нескольких пластин коллектора процесс изменения тока можно сформулировать следующим образом: ток в короткозамкнутой секции изменяет свою величину и направление по закону, определяемому током нагрузки через скользящий контакт.

На основании схемы протекания токов (рисунок 2) получаем следующее соотношение

$$I = I(x) + I(b_k - x), \quad (3)$$

где b_k – полный коммутационный путь секции. При учете реальных свойств скользящего контакта в случае простой петлевой обмотки якоря и обычной конструкции щеток b_k равен длине их контактной дуги.

Подставляя значение тока нагрузки I из (3) в уравнение (2), получим

$$i_n(x) = 0,5[I(b_k - x) - I(x)] \quad (4)$$

Если через $i_{щ}$ обозначить мгновенное значение тока нагрузки, протекающего через скользящий контакт, то на основании (2) и (4) можно записать

$$i_n(x) = 0,5i_{щ} - i_{щ}(x) = 0,5[i_{щ}(b_k - x) - i_{щ}(x)]. \quad (5)$$

Следовательно, мгновенное значение тока коммутируемой пассивной секции определяется мгновенным положением ее коллекторных пластин на контактной дуге щетки и мгновенным распределением в ней протекающего через скользящий контакт тока нагрузки.

Формула (5) является уравнением коммутации тока в пассивных секциях в общем случае, так как описывает непрерывный процесс изменения их тока при любом щеточном перекрытии и справедлива для любого режима работы коллекторной машины, так как ток, протекающий через щетку $i_{щ}$ может иметь сколь угодно сложную временную зависимость. Но в любом случае в момент окончания короткого замыкания секции, когда $x = b_k$, выполняются следующие условия:

$$i_{щ}(b_k) = i_{щ} \text{ и } i_n(b_k) = -0,5i_{щ}, \quad (6)$$

Таким образом, ток коммутации пассивной секции в момент окончания ее короткого замыкания автоматически принимает значение тока параллельной ветви, в которую она переключается.

На практике, в основном из-за механических факторов, реальная длина контактной дуги щетки b_k может быть заметно меньше ее расчетной ширины b_p . Из этого факта некоторые ученые, О.Г. Вегнер и др., сделали очень важный вывод о том, что рациональная кривая тока коммутации секции должна в конце переходного процесса иметь пологий участок с малым током, (рисунок 3), чтобы в конце периода замыкания секции T не разрывался значительный ток, который создает интенсивное искрение под сбегающим краем щетки.

Из вышеизложенного следует вывод, что классическая прямолинейная коммутация является частным случаем общего уравнения коммутации тока в пассивной секции (5) при выполнении следующих условий: равенство контакт-

ной дуги щетки ее расчетной ширине; равномерное распределение плотности тока под щеткой; постоянство режима работы коллекторного ТЭД.

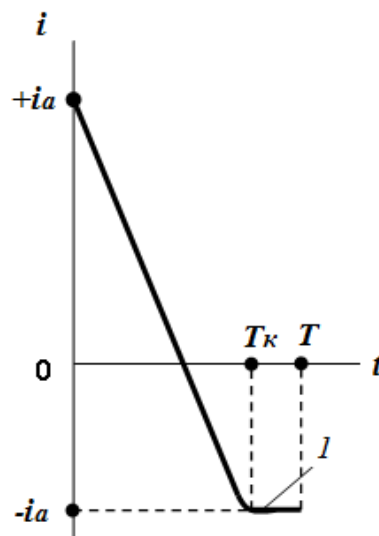


Рисунок 3. Коммутация ТЭД с пологим участком (1) в конце цикла коммутации

Практикой подтвержден факт повышения качества коммутации ТЭД путем применения составных щеток. Составные щетки выполнены из материала с различным удельным сопротивлением. При этом элемент щетки, расположенный со стороны набегающего края, имеет малое удельное сопротивление материала (металлографит), а элемент сбегającego края выполнен из материала с повышенным удельным сопротивлением (электрографит). Распространены, например, такие пары: МГ64 ($\Delta U = 0,46$ В) и ЭГ4 ($\Delta U = 1,0$ В); МГ2 ($\Delta U = 0,2$ В) и ЭГ74 ($\Delta U = 1,2$ В) [17].

Для теоретического объяснения эффективности составных щеток на коллекторной установке (рисунок 4) были исследованы функциональные зависимости $j(x)$ и осциллограммы тока $i_n(x)$ для трехэлементной щетки ЭГ74 – МГ2 – ЭГ74.

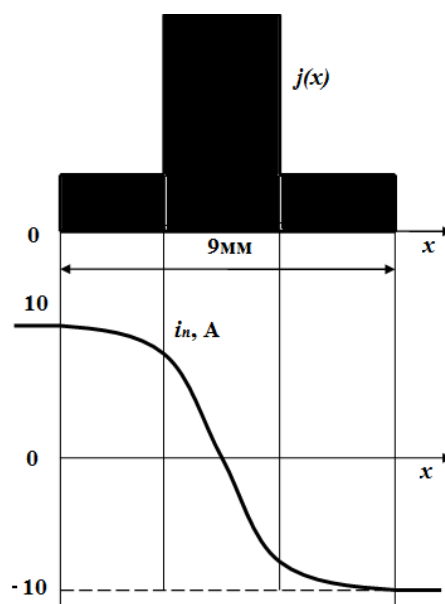


Рисунок 4. Опытная кривая тока для трехэлементной щетки

Как видно из рисунка 4, усредненная опытная кривая $in(x)$ содержит пологие участки тока, как в начальной, так и завершающей фазе короткого замыкания секции, что особенно благоприятно для качества коммутации реверсивных ТЭД.

Это обусловлено тем, что на завершающем этапе коммутации тока в секции при наличии в ее кривой пологого участка малого тока ЭДС самоиндукции этой секции очень мала и ее не нужно компенсировать при помощи ЭДС вращения от поля дополнительных полюсов.

В России ТЭД пульсирующего тока имеют по длине коллектора три щетки. Для них разработана, изготовлена и прошла эксплуатационные испытания конструкция щеткодержателя, обеспечивающего скользящий контакт, приведенный на рисунке 5.

Габаритные размеры опытных щеткодержателей не отличаются от штатных (серийных), конструкция максимально унифицирована со штатными щеткодержателями.

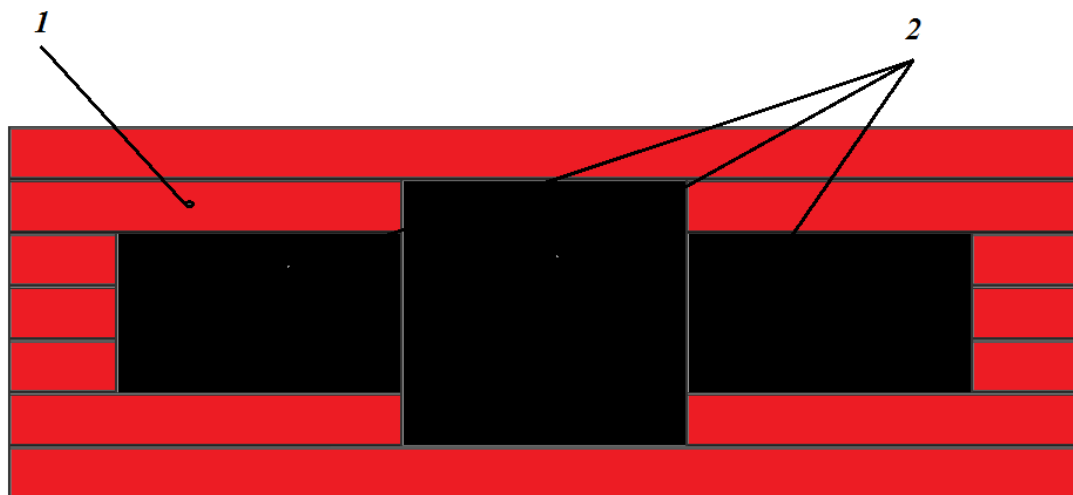


Рисунок 5. Конструкция щеточного контакта для ТЭД пульсирующего тока:
1 – коллектор; 2 – щетки

Таким образом, щеточный контакт (его конструкция и геометрические размеры) оказывает существенное влияние на характер коммутации тока в короткозамкнутых секциях и, целенаправленно меняя параметры щеток, можно заметно улучшить качество коммутации ТЭД.

В третьей главе были проведены исследования опытной партии щеткодержателей, обеспечивающих форму скользящего контакта, изображенного на рисунке 5.

Предложенное техническое решение основано на исследовании, в котором изначально уточняются условия передачи тока через слой политуры коллектора, механизм изменения тока в коммутируемых секциях при многоламельном щеточном перекрытии и физические условия искрообразования под щеткой. Это позволяет полнее учесть взаимное влияние друг на друга коммутационных процессов, протекающих как в скользящем контакте, так и в коротко-

замкнутых секциях, и установить взаимосвязь между найденным условием возникновения искрения и основными факторами, влияющими на этот процесс.

Опытный щеткодержатель изображен на рисунке 6.

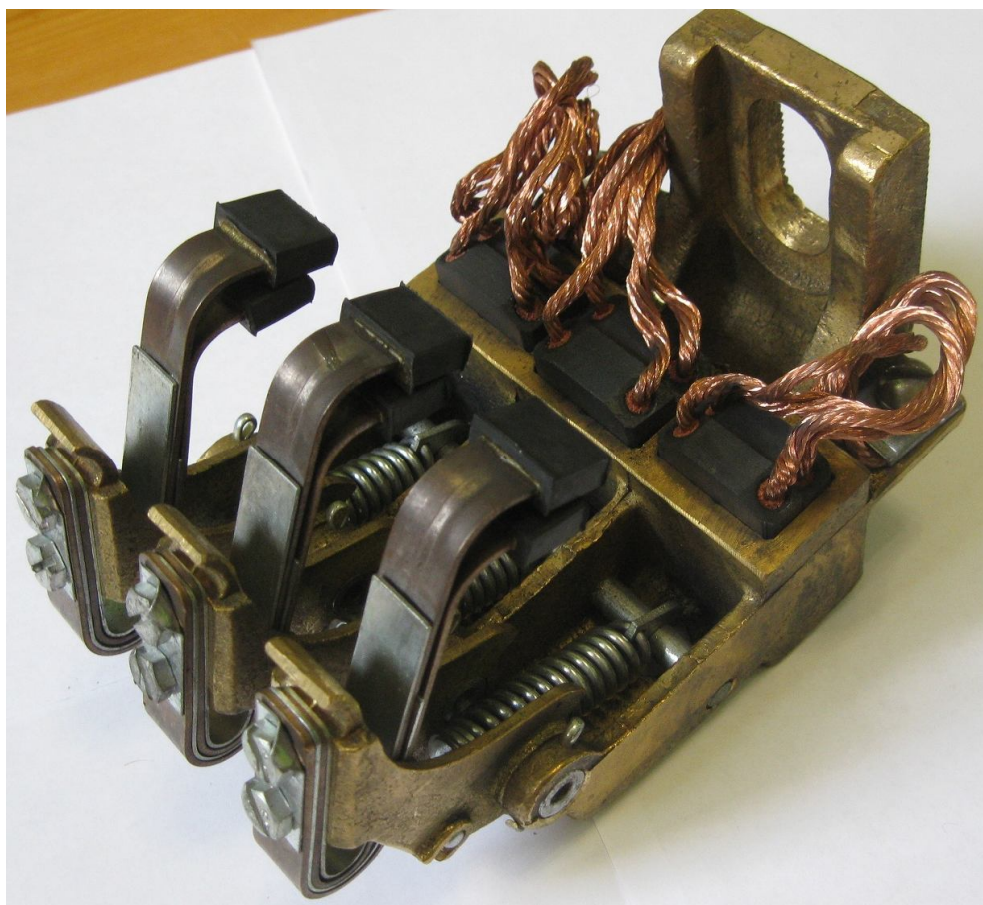
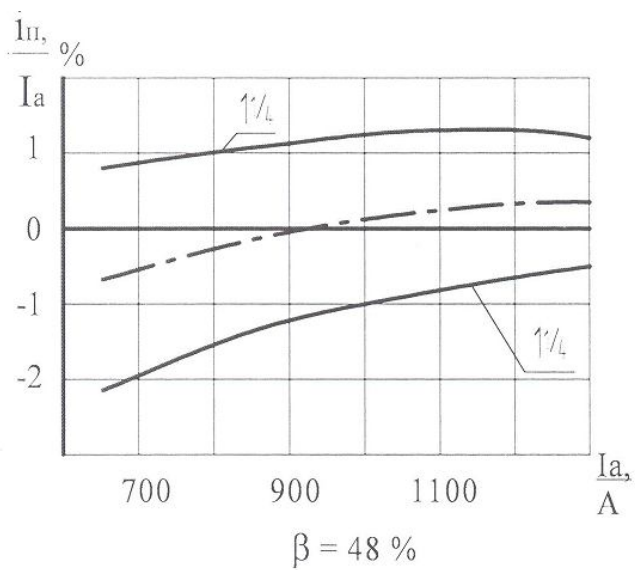
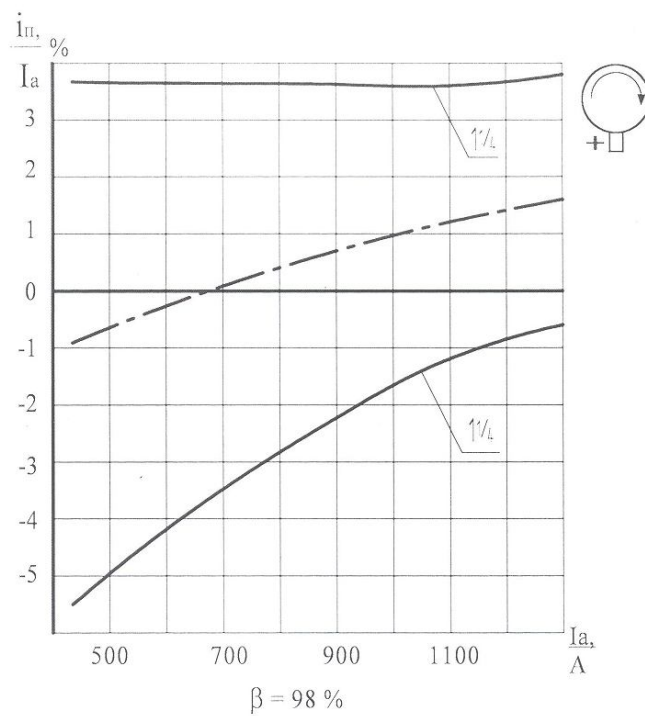
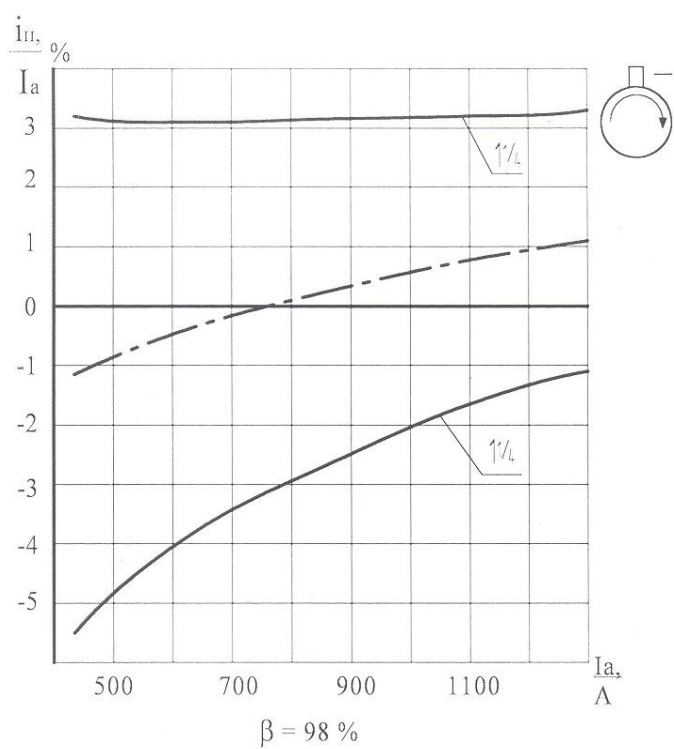


Рисунок 6. Щеткодержатель с измененной конфигурацией щеток

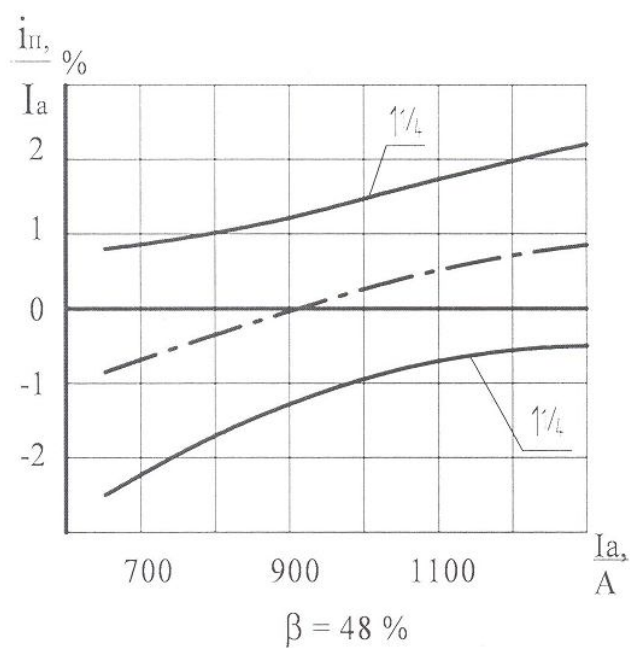
Для выяснения степени влияния на искровой износ щеток электромагнитных и механических факторов экспериментальные данные по области безискровой работы (ОБР) тягового электродвигателя НБ-514Б с опытными щеткодержателями (рисунок 7) сравнили с аналогичными данными, полученными при испытаниях электродвигателя НБ-514Б со штатными щеткодержателями (рисунок 8).

ТЭД НБ-514Б представляет собой шестиполосную компенсированную коллекторную электрическую машину пульсирующего тока последовательного возбуждения, опорно-осевого подвешивания с независимой вентиляцией. ТЭД предназначены для установки на магистральные электровозы 2ЭС5К, 3ЭС5К.

Определение ОБР при опытном и штатном щеткодержателях производилось при $U = 1000$ В, степени возбуждения главных полюсов, равном 98 % и 48 % на щетках разной полярности для одного направления вращения якоря согласно ГОСТ 10159 при работе ТЭД по схеме взаимной нагрузки методом «подпитки-отпитки» обмотки добавочных полюсов и компенсационной обмотки.



а)



б)

Рисунок 7. ОБР под плюсовой (а) и минусовой (б) щеткой ТЭД с опытными щеткодержателями

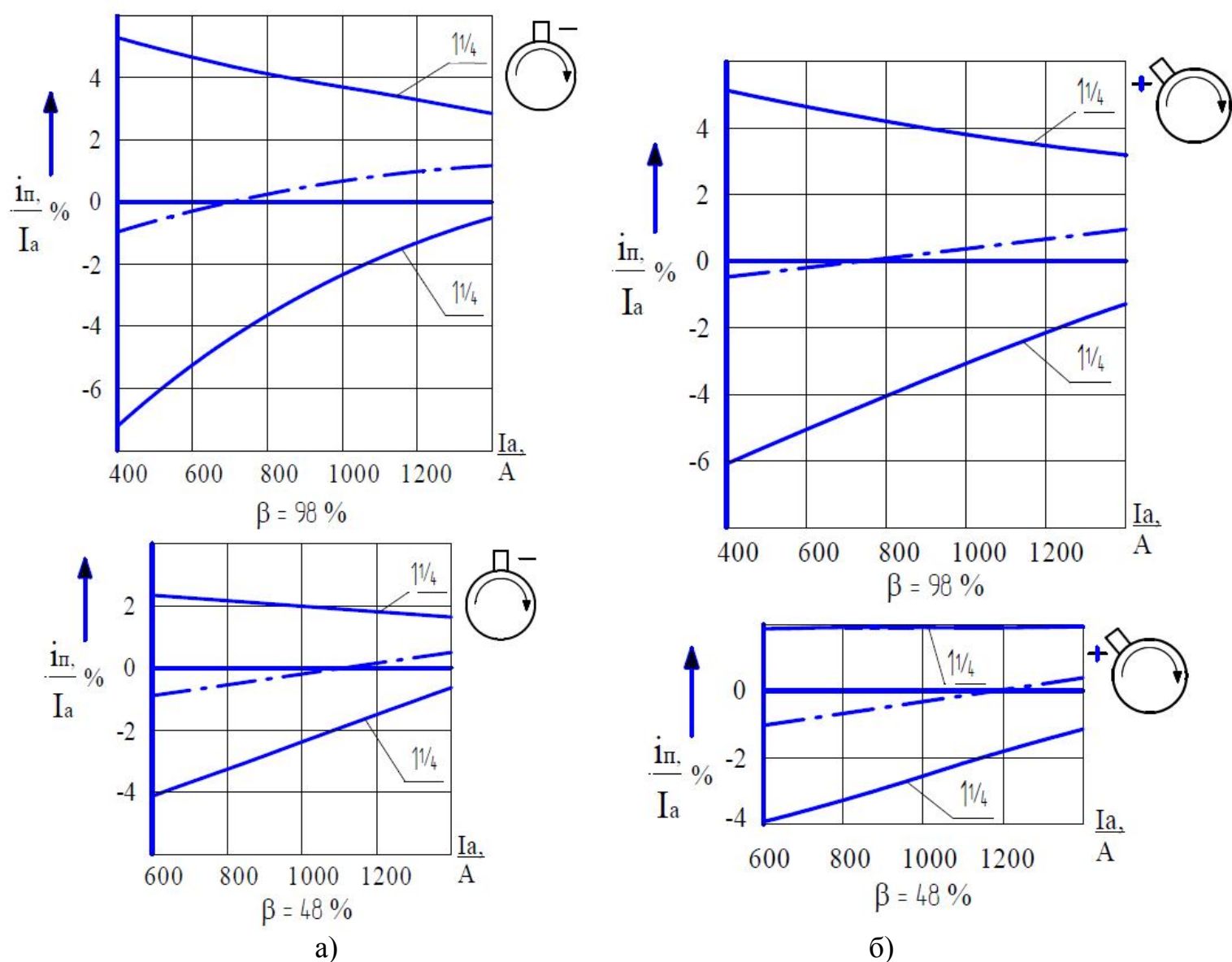


Рисунок 8. ОБР под плюсовой (а) и минусовой (б) щеткой ТЭД со штатными щеткодержателями

Сравнение приведенных на рисунке 7 ОБР опытных щеткодержателей с ОБР штатных щеткодержателей (рисунок 8) показывает, что их ширина примерно одинакова, наблюдается лишь незначительное расширение ОБР при опытных щеткодержателях в области, близкой к номинальному режиму работы. Следовательно, влияние электромагнитных факторов на износ щеток также одинаково, а уменьшение искрового износа в процессе эксплуатации двигателя с опытными щеткодержателями связано со снижением влияния на искрение механических факторов.

В процессе эксплуатации под влиянием механических факторов сбегаящие края щеток подвержены сильной вибрации. При этом даже при прямоли-

нейной коммутации обрывается значительный ток, который вызывает повышенный искровой износ щеток. Однако при опытной конструкции щеткодержателей из-за наличия в кривой тока коммутации пологого участка происходит обрыв незначительного тока и этим объясняется снижение искрового износа от влияния механических факторов.

В четвертой главе приведены результаты эксплуатационных испытаний.

Для проверки эффективности работы опытных щеткодержателей в условиях эксплуатации они были смонтированы на тяговом электродвигателе электровоза ВЛ80с № 1676 приписки эксплуатационного локомотивного депо СЛД-45 Каменоломни филиала «Южный» ООО «ТМХ-Сервис» Батайск. Были проведены эксплуатационные испытания, согласованные с Дирекцией по ремонту тягового подвижного состава и Дирекцией Тяги – филиалами ОАО «РЖД».

Пробег электровоза за период эксплуатационных испытаний составил 35982 км. Электровоз осуществлял эксплуатационную работу на Северо-Кавказской железной дороге на участках с уклонами до 12 тысячных (например, перегон Сулин-Лесостепь электровоз проследовал в голове поездов, вес которых составил 6591 т, 6704 т, 6935 т), на Приволжской железной дороге на участках с уклоном до 18 тысячных (например, перегон Сухой Карабулак – Елховка электровоз проследовал в голове поездов, вес которых составил 5979 т, 6227 т, 5921 т, 6257 т, 6275 т, 6223 т, 5870 т.). Поезда с весом более 6000 т считаются тяжеловесными. Согласно данным программы АСУТ-Т-ЮГ, электровоз эксплуатировался с поездами, средний вес которых составил 4026 т, максимальный вес 7271 т.

После проведения испытаний и демонтажа щеток, они были измерены по высоте и определен их износ. Фотографии щеток после эксплуатационных испытаний показаны на рисунках 9 и 10.



Рисунок 9. Новая щетка, щетка штатного щеткодержателя и щетка с крайнего окна опытного щеткодержателя после эксплуатационных испытаний



Рисунок 10. Новая щетка, щетка штатного щеткодержателя и щетка с центрального окна опытного щеткодержателя после эксплуатационных испытаний

Данные по средней высоте щетки после испытаний получены измерением всех щеток (36 шт.) на ТЭД и вычислением средней величины. В результате имеются следующие данные: высота новой щетки 57 мм; средняя высота щетки со штатного щеткодержателя после пробега 36,82 мм; средняя высота щетки с опытного щеткодержателя после пробега 46,63 мм.

Опытные щеткодержатели обеспечивают снижение износа щеток в среднем на 48 %. При этом предполагается, что износ коллектора также был меньше, но он составил незначительную величину, соизмеримую с погрешностью средств измерения. Для контроля величины износа коллектора потребуются более длительные испытания, которые планируется продолжить. Также по результатам дальнейших испытаний необходимо набрать статистику появления круговых огней по коллектору и возможных сбоев работы приборов безопасности из-за неудовлетворительной коммутации и перебросе дуги по коллектору ТЭД.

На износ щеток, помимо электрических факторов, влияет и ряд механических факторов, зависящих от качества настройки усилия нажатия на щетку, от состояния поверхности коллектора и ряда других, поэтому износ щеток на ТЭД неравномерный даже на одном щеткодержателе.

Проведенные исследования и эксплуатационные испытания опытной партии щеткодержателей показали, что при внедрении на электровозах с ТЭД пульсирующего тока новых конструктивных решений по токосъемному узлу, можно существенно повысить эксплуатационную надежность и получить следующие преимущества: снизить почти вдвое расход щеток; обеспечить увеличение межремонтных пробегов электровозов и ресурс работы коллекторно-щеточного узла ТЭД; обеспечить качественный токосъем с коллекторов ТЭД локомотивов на руководящих подъемах и при вождении тяжеловесных поездов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

По итогам диссертационной работы сделаны следующие выводы:

1. Аналитический обзор и анализ коммутационных процессов коллекторных ТЭД электровозов позволяет сделать вывод о том, что существуют возможности для улучшения качества коммутации путем изменения параметров и конфигурации щеток.

2. Из анализа физической сущности изменения тока в коммутируемой пассивной секции следует, что:

- средняя скорость изменения тока коммутации секций мало зависит от реального распределения плотности тока в щеточном контакте;

- чем больше или меньше удельное сопротивление скользящего контакта на данном участке контактной дуги щетки, тем медленнее или быстрее на нем изменяется ток коммутации секции;

- при скосе краев щеток, их раздвижке или установке по длине контакта щеток, имеющих различную ширину, в начале и конце кривой тока коммутации секций образуются пологие участки.

3. Разработан новый тип щеткодержателя для ТЭД пульсирующего тока, существенно улучшающий коммутационный процесс.

4. Исследования, выполненные по определению зоны безыскровой работы ТЭД, свидетельствуют о влиянии на искрение механических факторов, так как в процессе эксплуатации под влиянием механических факторов сбегаящие края щеток подвержены сильной вибрации. При опытной конструкции щеткодержателей из-за наличия в кривой тока коммутации пологого участка происходит обрыв незначительного тока и этим объясняется снижение искрового износа от влияния механических факторов.

5. Проведенные эксплуатационные испытания ТЭД постоянного тока на электровозе ВЛ80с № 1676 показали, что новые щеткодержатели позволяют существенно повысить эксплуатационную надежность и получить следующие преимущества: снизить почти вдвое расход щеток; обеспечить увеличение межремонтных пробегов электровозов и ресурс работы коллекторно-щеточного узла ТЭД; обеспечить качественный токосъем с коллекторов ТЭД локомотивов на руководящих подъемах и при вождении тяжеловесных поездов.

6. Выполненные исследования имеют перспективу дальнейшей разработки темы в плане исследования не только износа щеток коллекторных ТЭД, но и поверхности коллектора и оценки устойчивости новой конструкции щеткодержателя к образованию круговых огней.

Список публикаций по теме диссертации

Издания, рекомендованные ВАК:

1. Петрушин, А.Д. Реверс тока в коммутируемых секциях обмотки якоря коллекторной электрической машины/ А.Д. Петрушин, Р.М. Девликамов, Д.Н. Хомченко // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2014, № 11. С. 3-6.

2. Хомченко, Д.Н. Эксплуатационные испытания тяговых двигателей постоянного тока с измененной конфигурацией щеток / Д.Н. Хомченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2015 – № 3. – С. 19-22.

Другие издания:

3. Хомченко, Д.Н. Повышение надежности работы коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей/ Д.Н. Хомченко, Р.М. // Труды международной научно-практической конференции «Транспорт-2014». – Ростов н/Д: РГУПС, 2014 – С. 142-143.

4. Хомченко, Д.Н. Совершенствование конструкции щеткодержателей тяговых электродвигателей/ Д.Н. Хомченко, Р.М. Девликамов // Труды международной научно-практической конференции «Транспорт-2013». – Ростов н/Д: РГУПС, 2013 – С. 147-149.

5. Хомченко, Д.Н. Улучшение качества коммутации тяговых электродвигателей локомотивов на основе разработки конструкций щеткодержателей/ Д.Н. Хомченко //Труды РГУПС. – Ростов н/Д: РГУПС, 2013 – № 2 (23). – С. 120-123.

6. Хомченко, Д.Н. Новая конструкция щеткодержателей для электровозов постоянного и переменного тока/ Д.Н. Хомченко, А.Е. Черешенко // Труды международной научно-практической конференции «Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса юга России». Ч. 1. – Ростов н/Д: РГУПС, 2015 – С. 244-247.

Патенты:

7. Патент № 2548908 Российская федерация, МПК H01R39/40. Щеткодержатель / Петрушин, А.Д., Девликамов Р.М., Хомченко Д.Н. - заявители. Патентообладатель - ОАО "РЖД". - №2014103301; заявл. 31.01.2014; опубл.20.04.2015.

8. Патент № 2551122 Российская федерация, МПК H02RK13/00. Щеткодержатель / Петрушин, А.Д., Девликамов Р.М., Хомченко Д.Н. - заявители. Патентообладатель - ОАО "РЖД". - №2014103300; заявл. 31.01.2014; опубл.20.05.2015.

Хомченко Дмитрий Николаевич

**УВЕЛИЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА
КОЛЛЕКТОРНЫХ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ
НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ЩЕТКОДЕРЖАТЕЛЕЙ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано к печати 12.10.2015 г.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,16.

Уч.-изд. л. 1,11. Тираж 100 экз. Заказ №

Ростовский государственный университет путей сообщения.
Ризография РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового
Полка Народного Ополчения, д. 2.