

ОТЗЫВ

официального оппонента **Карпухина Кирилла Евгеньевича**

на диссертацию **Чернышкова Антона Сергеевича**

на тему: «Контроль технического состояния агрегатов электрического силового привода автомобилей на стендах с беговыми барабанами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности

2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки)

1. Актуальность избранной темы.

Электрические транспортные средства (ЭТС) неотъемлемо входят в нашу жизнь, при этом как у любого другого транспортного средства (ТС) техническое состояние их агрегатов и механизмов в условиях эксплуатации изменяется. В том числе изменяется техническое состояние и агрегатов, обеспечивающих тягово-динамические свойства. Анализ методов диагностики ЭТС показывает, что в условиях эксплуатации контроль технического состояния их силовых агрегатов выполняют либо при помощи сканеров, либо при помощи органолептических методов, а измерение мощностных и силовых параметров на ведущих колесах не делают по причине отсутствия эффективных методов и оборудования. Это делает контроль технического состояния электрических силовых агрегатов малоэффективным, а контроль качества выполненных ремонтных и регулировочных работ, как правило, выполняют весьма условно, при помощи все тех же органолептических методов.

Наиболее эффективными методами измерения силовых и мощностных параметров при контроле силовых агрегатов автомобилей являются стендовые методы. Однако, при этом стендовые методы, позволяющие выполнять контроль технического состояния агрегатов электрического силового привода, не разработаны. Проблемная ситуация заключается в том, что, во-первых, существующие силовые стенды не позволяют измерять силовые параметры на каждом колесе автомобиля индивидуально и, во-вторых, они не позволяют измерять знакопеременные силы на колесах, что очень важно для автомобилей, оснащенных электрическим силовым приводом.

Попытки повышения эффективности контроля технического состояния электрических транспортных средств на стендах с беговыми барабанами не приводят к успеху, поскольку отсутствуют функциональные зависимости между параметрами функционирования автомобилей с электрическими силовыми приводами и диагностическими нормативами, необходимыми для оценки их технического состояния. Диссертационная работа Чернышкова А.С. направлена на изучение этих закономерностей. Обоснование диагностических параметров и выявление их связей с параметрами технического состояния агрегатов силового электрического привода автомобилей на стендах с беговыми барабанами позволит значительно повысить их эффективность в условиях эксплуатации. Поэтому актуальность данной работы не вызывает сомнения.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Представленные в диссертационной работе Чернышкова А.С. научные положения экспериментально подтверждены и научно обоснованы. Обоснованность и достоверность результатов научных исследований подтверждены результатами большого объема

проведённых автором аналитических и экспериментальных исследований процессов функционирования автомобилей с электрическим силовым приводом на стендах с беговыми барабанами с использованием современного исследовательского оборудования и поверенных средств измерений.

Представленное в работе первое научное положение констатирует, что значительное повышение информативности и оперативности контроля технического состояния агрегатов электрического силового привода автомобилей возможно на основе определения их тягово-динамических свойств в процессе функционирования на стендах с беговыми барабанами.

Научное положение обосновано многочисленными результатами экспериментальных и аналитических исследований, представленных в диссертации. Оно имеет научную новизну и практическую значимость.

Второе научное положение автор посвятил разработанной им математической модели процесса функционирования автомобиля с электрическим силовым приводом на стенде с беговыми барабанами. Разработанная математическая модель впервые позволяет выполнять имитационное моделирование исследуемого автором процесса, а также проводить аналитические исследования функциональных зависимостей параметров функционирования автомобилей с электрическими силовыми приводами от диагностических параметров, необходимых для контроля их технического состояния.

Научное положение весьма убедительно обосновано большим объемом результатов аналитических и экспериментальных исследований. Оно имеет как научную новизну, так и практическую ценность.

Третье научное положение посвящено научно обоснованным автором тестовым режимам и выявленным функциональным зависимостям диагностических параметров от параметров функциональных свойств автомобилей с электрическими силовыми приводами, позволяющим выполнять контроль технического состояния их агрегатов и систем на стендах с беговыми барабанами.

Научное положение достоверно, оно обосновано и подтверждено обширным материалом расчетов на верифицированной математической модели и производственной проверкой результатов исследований. Оно имеет как научную новизну, так и практическую ценность.

Четвертое научное положение посвящено разработанной автором методике контроля технического состояния агрегатов электрического силового привода автомобилей, которая основана на выявленных автором функциональных зависимостях изменения диагностических параметров от параметров технического состояния объекта диагностирования, а также на разработанных автором диагностическом алгоритме и диагностической матрице. Процесс контроля технического состояния выполняется на оригинальном стендовом оборудовании, разработанном при участии автора. На данное оборудование автором получено четыре патента Российской Федерации.

Научное положение достоверно, оно обосновано и подтверждено обширным материалом производственной проверки результатов исследований. Оно имеет как научную новизну, так и практическую ценность.

Все научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации Чернышкова А.С. получены с применением современных компьютерных средств, цифровых измерительных систем, имеющих метрологическое обеспечение, верифицированного

математического аппарата, а также оригинальных, разработанных автором программных продуктов и оборудования.

3. Достоверность и новизна полученных результатов и выводов.

Представленные в диссертации Чернышкова А.С. результаты научных исследований не противоречат современным представлениям о процессах функционирования и диагностики автомобилей с электрическими силовыми приводами на стендах с беговыми барабанами и гармонично дополняют их. Одним из важных результатов научной работы являются шесть выводов, отражающих полученные автором в ходе исследования новые знания. Достоверность результатов работы подтверждается обширным материалом проведённых экспериментальных исследований, метрологическими характеристиками используемого исследовательского оборудования. Результаты исследования обладают научной новизной и имеют практическую значимость.

Анализ приведенных в заключительной части диссертации выводов показывает:

Первый вывод посвящен анализу отказов и неисправностей агрегатов электрического силового привода автомобилей в условиях эксплуатации. Он показывает результаты проведенной автором работы по выявлению основных неисправностей агрегатов электрического силового привода автомобилей, лимитирующих его надежность, а также по сбору статистического материала по их отказам.

Вывод достаточно достоверен, что подтверждается большим количеством статистического материала, приведенного в первой главе диссертации.

Второй вывод автор посвятил разработанной им математической модели для имитационного моделирования процесса функционирования автомобиля с электрическим силовым приводом на стендах с беговыми барабанами при контроле технического состояния его агрегатов. Модель учитывает: динамические процессы в замкнутой системе «Автомобиль с электрическим силовым приводом – стенд с беговыми барабанами»; изменения технического состояния агрегатов трансмиссии и электрического силового привода автомобиля; процессы взаимодействия колеса с эластичной шиной и беговыми барабанами стенда. Модель позволяет рассчитывать параметры процесса функционирования электрического силового привода, выявлять зависимости диагностических параметров и показателей тягово-динамических свойств автомобилей с электрическими силовыми приводами от параметров технического состояния их агрегатов и систем.

Вывод имеет научную новизну, практическую ценность и в полной мере обоснован.

Третий вывод посвящен обоснованию тестовых режимов, обеспечивающих контроль технического состояния агрегатов силового электрического привода автомобилей на стендах с беговыми барабанами.

Достоверность и научная новизна вывода подтверждается результатами исследования, приведенными в тексте диссертации. Однако, в качестве замечания необходимо отметить, что автору следовало бы дополнить вывод количественными показателями. Тем более, что они в диссертации есть. Иначе содержание вывода осталось без подтверждения.

Четвертый вывод посвящен результатам решения автором четвертой научной задачи. Автором выявлены функциональные зависимости диагностических параметров от параметров технического состояния электрического силового привода автомобиля. Это позволило ему изложить в выводе количественные изменения диагностических параметров в процессе

изменения параметров технического состояния агрегатов электрического силового привода автомобиля.

Вывод очень емкий, весьма информативный. Он имеет научную новизну и практическую ценность. Обоснованность вывода подтверждается достоверными результатами исследования, приведенными в тексте диссертации, в том числе большим количеством экспериментального материала.

Пятый вывод посвящён разработанной автором оригинальной методике контроля технического состояния агрегатов электрического силового привода автомобилей на стендах с беговыми барабанами и реализующему ее оборудованию. В основе разработанной методики лежат выявленные автором новые математические зависимости параметров, характеризующих тягово-динамические свойства автомобилей с электрическими силовыми приводами, от параметров технического состояния их агрегатов и систем. Для реализации методики автор разработал диагностический алгоритм и диагностическую матрицу.

Вывод достоверен, обоснован и имеет научную новизну, что подтверждается убедительными результатами исследования, приведенными в тексте диссертационной работы.

Шестой вывод раскрывает результаты выполненной автором производственной проверки положений диссертационной работы на предприятиях и информацию о внедрении результатов работы на предприятиях.

Вывод достоверен и обоснован, что подтверждается приведенными в диссертации результатами производственной проверки и технико-экономической оценки, а также актами внедрения.

4. Значимость полученных автором результатов для науки и практики.

Весомую значимость для науки представляют:

- разработанная автором математическая модель, которая впервые позволяет выполнять имитационное моделирование динамических процессов функционирования автомобилей с электрическими силовыми приводами на стендах с беговыми барабанами;
- впервые выявленные автором математические зависимости диагностических параметров от параметров технического состояния автомобилей с электрическими силовыми приводами;
- нормативные показатели их технического состояния, полученные при помощи нового подхода к установлению диагностических параметров, основанного на методе секущих.

Вышеперечисленные элементы научной новизны исследования А.С. Чернышкова представляют собой новые знания, которые являются аналитическим фундаментом новых методов контроля технического состояния и испытаний автомобилей с электрическим силовым приводом и их агрегатов на стендах с беговыми барабанами, позволяющими значительно повышать информативность и оперативность контроля технического состояния агрегатов силового электрического привода автомобилей и с высокой достоверностью определять их эксплуатационные параметры.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Разработанная автором диссертации Чернышковым А.С. математическая модель позволяет выполнять имитационное моделирование процесса функционирования автомобилей с электрическими силовыми приводами при контроле технического состояния

их силовых агрегатов и систем на стендах с беговыми барабанами, что представляет большой интерес для заводов, предприятий и организаций, выполняющих разработку новых методов диагностики и испытаний электромобилей и оборудования, реализующего эти методы.

Впервые полученные автором новые функциональные уравнения связей параметров технического состояния автомобилей с электрическим силовым приводом с параметрами процессов его функционирования на стенде с беговыми барабанами позволяют операторам диагностам обоснованно ставить диагноз и количественно оценивать техническое состояние автомобилей с электрическим силовым приводом при контроле технического состояния их агрегатов на стендах с беговыми барабанами.

Разработанная автором методика позволяет операторам диагностам на станциях технического обслуживания и сервисных центрах значительно повышать информативность, снижать трудовые и временные затраты на выполнение контроля технического состояния агрегатов электрического силового привода автомобилей. Методика не отрицает применение при контроле технического состояния агрегатов электрического силового привода автомобилей диагностических сканеров и другого диагностического оборудования и не заменяет его. Она гармонично дополняет процесс контроля результатами измерений силовых параметров автомобилей на стендах с беговыми барабанами и на этой основе качественно повышает его эффективность.

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы Чернышкова А.С., концепция его комплексного подхода к контролю технического состояния автомобилей с электрическими силовыми приводами на стендах с беговыми барабанами подтверждены пятью документами о защите объектов интеллектуальной собственности, а также актами внедрения на АО «ГАРО-ТРЕЙД» (г. Великий Новгород), ООО «ФРИТРЕЙН» (г. Екатеринбург), ООО «СТО Bravo» (г. Иркутск).

6. Анализ содержания диссертации, ее завершенности.

Диссертация Чернышкова А.С. состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка использованных источников и приложений. Она изложена на 205 страницах машинописного текста, включает 4 таблицы, 60 иллюстраций и 3 приложения. Список использованных источников насчитывает 207 наименований.

В приложениях диссертации представлены:

- свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ;
- патенты на объекты интеллектуальной собственности;
- акты внедрения результатов исследования;
- исходные данные для расчетов на имитационной математической модели.

Уровень полученных научных и практических результатов, приведённых в тексте диссертации - высокий, стиль изложения - грамотный, по тексту расставлены ссылки на используемые литературные источники и заимствованный материал.

Основные результаты диссертации, а также выносимые на защиту научные положения и выводы достаточно полно отражены в 17 печатных работах автора, из них 3 опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получены 4 патента на полезную модель РФ и 1 свидетельство о государственной регистрации программы. Содержание автореферата довольно полно и информативно отражает содержание диссертации, а также выносимые на защиту научные положения, результаты и выводы, изложенные в диссертационной работе.

Результаты диссертации широко апробированы в ведущих научных центрах на научно-практических конференциях России и зарубежья.

По диссертации и ее автореферату имеются следующие замечания:

1. Не понятно, почему пункты «Задачи исследования» и «Степень достоверности результатов работы» автор перенес из раздела «Введение» диссертации (стр. 7 – 14) в заключительную часть её первой главы;

2. На стр. 14 диссертации указано, что автор имеет 3 публикации в зарубежных изданиях. Однако не указано в каких базах данных индексируются данные издания;

3. Согласно ГОСТ 7.05-2008 и общепринятым правилам написания рукописей, список использованных источников необходимо составлять в порядке цитирования. В настоящей диссертационной работе сначала идет ссылка на источник 183 (стр. 19), а потом на источник 158 (стр. 22), а потом на источники 140, 144, 151 (стр. 25) и т.д.;

4. В уравнении (2.11) автор не учитывает инерционный момент, создаваемый беговыми барабанами стенда в процессе разгона автомобиля на стенде с беговыми барабанами. В уравнении (2.11) учтен лишь инерционный момент, возникающий при разгоне маховиков стенда;

5. В диагностической матрице, представленной на рисунок 4.17 (стр. 158 диссертации), обозначены лишь наиболее вероятные из всех возможных технических состояний автомобиля с электрическим силовым приводом, но в реальности ведь их может быть больше. Почему это обстоятельство не нашло отражение в диагностической матрице?

6. В тексте второй главы диссертационной работы встречаются отдельные опечатки в формулах и неудачные обозначения. Например, радиус беговых барабанов стенда представлен в формулах (2.56 – 2.57) как r_{66} , в формулах (2.18 – 2.20, 2.72) он представлен как r_6 , а в пояснениях к формуле (2.72) он записан как $r_б$. Потери на трение в редукторе и в электродвигателе (стр. 46) обозначены символом диаметра - d . В обозначениях горизонтальных осей графиков на рис. 2.9 и 2.10 (указано «сек» вместо «с») и др.;

7. Не совсем понятно, чем автор обосновывает наличие в диагностической матрице не только нулей и единиц, но еще и отрицательных значений;

8. В тексте диссертации очень много сокращенных терминов, причем даже в названиях разделов и подразделов. Например, название подраздела 2.5.2 на стр. 88 «*Распознавание ТС АЭСП на основе метода НС*», а также «...исследования процесса функционирования АЭСП на СББ при изменении ТС его ЭД...» на стр. 137 и т.д. Во введении (стр. 7) указано определение и «Автомобили с электрическими силовыми приводами» его сокращение - (АЭСП). Данное определение не соответствует мировой практике обозначения транспортных средств данного вида. Аналогичным образом сокращение «Тяговая высоковольтная батарея» и её сокращение (ТВБ) не соответствуют мировой практике, где существует понятие «Тяговая аккумуляторная батарея» - (ТАБ).

Указанные замечания несколько снижают качество представления материала, однако они не снижают теоретической и практической значимости проведенного Чернышковым А.С. научного исследования.

Считаю, что диссертация Чернышкова Антона Сергеевича является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей п. 15 Паспорта научной специальности 2.9.5 Эксплуатация автомобильного транспорта, в которой на основе проведенных автором

исследований изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки, которые имеют существенное значение для повышения эффективности автомобильного транспорта страны, что соответствует требованиям п. 2 «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (в действующей редакции), а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук, по научной специальности 2.9.5 Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки).

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент
(научная специальность 05.05.03 Колесные и гусеничные машины)

«11» января 2024г.

 /Карпухин Кирилл Евгеньевич/

Директор проекта, Центра управления проектами
Государственного научного центра Российской Федерации
Федерального государственного унитарного предприятия
«Центральный ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский автомобильный и автомоторный
институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»)
Почтовый адрес: 125438, г. Москва, ул. Автомоторная д. 2.
Телефон: +7 (495) 456-57-00
Электронный адрес: info@nami.ru

Подпись к.т.н., доцента Карпухина К.Е. удостоверяю

Ученый секретарь ФГУП «НАМИ»

к.т.н.

«11» января 2024г.



 /Мухаметзянов Ринат Гарапшевич/
м.п.