

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.14,  
СОЗДАННОГО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ БЮДЖЕТНЫМ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ УЧРЕЖДЕНИЕМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 30.09.2020 г. №08

О присуждении **Камышьяну Альберту Михайловичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Структура и алгоритмы управления бесконтактным тяговым электроприводом карьерных автосамосвалов» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы принята к защите 16.07.2020, протокол заседания №5, диссертационным советом ГУ 212.224.14, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; 199106, Санкт-Петербург, 21 линия, д. 2; приказ № 1232 адм от 23.09.2019.

Соискатель **Камышьян Альберт Михайлович**, 1991 года рождения, в 2013 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». В 2015 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» по специальности 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника. В 2019 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 13.06.01 – Электро- и теплотехника.

Диссертация выполнена на кафедре электроэнергетики и электромеханики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский

горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Козярук Анатолий Евтихиевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра электроэнергетики и электромеханики, профессор.

Официальные оппоненты:

**Пронин Михаил Васильевич** – доктор технических наук, ПАО «Силовые машины», отдел проектирования электропривода и комплектных устройств, начальник сектора регулируемого общепромышленного электропривода;

**Борисов Павел Александрович** – кандидат технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», ведущий инженер, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург**, в своем положительном отзыве, подписанном **Шестопаловым Михаилом Юрьевичем**, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой автоматики и процессов управления и **Королевым Виталием Вячеславовичем**, к.т.н., доцентом кафедры робототехники и автоматизации производственных систем, секретарем заседания, утвержденном **Тупиком Виктором Анатольевичем**, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, указал, что диссертация «Структура и алгоритмы управления бесконтактным тяговым электроприводом карьерных автосамосвалов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, полностью отвечает требованиям пунктов 2.1-2.6 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 № 839 адм, Камышьян Альберт Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ по теме диссертационного исследования, в том числе 1 опубликована в издании, рекомендованном ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 5 опубликованы в изданиях, индексируемых международной базой цитирования Scopus, получено 2 патента.

Общий объем опубликованных по теме диссертации работ составляет 5 печатных листов, авторский вклад соискателя составляет порядка 3,5 печатных листов.

Научные работы по теме диссертации:

**Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:**

1. Kozyaruk, A. Improving the energy efficiency of the electromechanical transmission of an open-pit dump truck / A. Kozyaruk, **A. Kamyshyan**. – DOI 10.31897/PMI.2019.5.576 // Journal of Mining Institute. – 2019. – Vol. 239, № 5. – pp. 576 – 582 (ВАК, Scopus, GeoRef).

Козярук, А. Повышение энергетической эффективности электромеханической трансмиссии карьерного автосамосвала / А. Козярук, **А. Камышьян**. – DOI 10.31897/PMI.2019.5.576 // Записки Горного института. – 2019. – Т. 239, № 5. – С. 576 – 582.

*Личный вклад соискателя: оценка влияния характера нагрузки, создаваемой неуправляемым выпрямителем на коэффициент мощности и массогабаритные показатели электромеханической трансмиссии. Выбран вариант модернизации, обеспечивающий требуемый показатель коэффициента мощности при минимальном влиянии на массогабаритные показатели электромеханической трансмиссии. Приведены результаты имитационного моделирования работы существующей системы электромеханической трансмиссии и модернизированной системы электромеханической трансмиссии с использованием наиболее перспективного варианта модернизации.*

**Публикации в изданиях, входящих в базу цитирования Scopus:**

2. Bolshunova, O. Diagnostics of Electric Motors Technical Condition Using Wavelet Analysis [Текст] / O. Bolshunova, **A. Kamyshian**, A. Bolshunov. – DOI 10.1109/ICIEAM.2016.7911524 // 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – Chelyabinsk, 2016. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7911524> (дата обращения: 23.09.2019).

*Личный вклад соискателя: сравнительный анализ способов диагностики технического состояния электрических двигателей переменного тока. Определена возможность диагностики механических неисправностей электрических двигателей переменного тока посредством*

*декомпозиции диагностических сигналов токов статора при помощи непрерывного вейвлет преобразования.*

3. Bolshunova, O. Diagnostics of Career Dump Truck Traction Induction Motors Technical Condition Using Wavelet Analysis [Текст] / O. Bolshunova, **A. Kamyshian**, A. Bolshunov. – DOI 10.1109/Dynamics.2016.7818988 // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). – Omsk, 2016. – URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7818988> (дата обращения: 23.09.2019).

*Личный вклад соискателя: выявлены недостатки существующих систем оценки технического состояния асинхронных тяговых двигателей карьерных автосамосвалов. Разработана методика оценки технического состояния тяговых асинхронных двигателей на основе непрерывного вейвлет преобразования.*

4. Semenov, M. Modernization of the dump truck onboard system [Текст] / M. Semenov, O. Bolshunova, A. Korzhev, **A. Kamyshyan**. – DOI 10.1088/1755-1315/87/2/022017 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Tomsk, 2017 – Vol. 87. – URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/87/2/022017> (дата обращения: 23.09.2019).

*Личный вклад соискателя: выявлены недостатки существующих бортовых систем, устанавливаемых на карьерные автосамосвалы. Разработана и испытана в условиях производства модернизированная бортовая система карьерных автосамосвалов.*

5. Bolshunova, O. Adaptive control system of dump truck traction electric drive [Текст] / O. Bolshunova, A. Korzhev, **A. Kamyshyan**. – DOI 10.1088/1757-899X/327/5/052007 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Tomsk, 2017 – Vol. 87. – URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/327/5/052007/pdf> (дата обращения: 23.09.2019).

*Личный вклад соискателя: определены основные причины аварийности карьерного автомобильного транспорта, с учетом которых сформулированы рекомендации по модернизации системы управления асинхронными тяговыми двигателями.*

#### **Прочие публикации:**

6. Козярук, А.Е. Современные тенденции развития бесконтактной электротрансмиссии большегрузных карьерных автосамосвалов [Текст] / Козярук А.Е., **Камышьян А.М.** // Инновации на транспорте и в машиностроении. – Сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург. – 2016. – Том 1. – С.75-78.

*Личный вклад соискателя: определены основные проблемы развития карьерного автомобильного транспорта и предложены пути их устранения.*

7. **Камышьян, А.М.** Выбор структуры энергоэффективного электропривода карьерного автосамосвала на основе активного выпрямителя [Текст] / Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. Москва. – 2017. – С.62-64.

*Личный вклад соискателя: произведена оценка перспективных вариантов модернизации электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов. Сформулированы рекомендации по способу модернизации электромеханической трансмиссии и выбору системы управления электроприводом, обеспечивающие повышение показателей энергетической эффективности.*

#### **Патенты:**

8. Патент № 2653945 Российская Федерация, МПК В60L 11/08 (2006.01), H02M 5/458 (2006.01), В60W 10/105 (2012.01). Энергоэффективный тяговый электропривод автономного транспортного средства : № 2017121480 : заявл. 19.06.2017 : опубл. 15.05.2018 / Козярук А.Е., **Камышьян А.М.**; заявитель Санкт-Петербургский горный университет. – 10 с. : ил.

*Личный вклад соискателя: разработан способ модернизации электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов за счет внедрения в конструкцию активного выпрямителя, обеспечивающий повышение энергетических показателей и продление остаточного ресурса электромеханического оборудования.*

9. Патент № 2692288 Российская Федерация, МПК В60L 50/13 (2019.01), H02M 5/42 (2006.01), В60L 7/06 (2006.01). Тяговый электропривод автономного транспортного средства : № 201813376 : заявл. 24.09.2018 : опубл. 24.06.2019 / Козярук А.Е., **Камышьян А.М.**, Большунова О.М., Коржев А.А; заявитель Санкт-Петербургский горный университет. – 10 с. : ил.

*Личный вклад соискателя: разработан способ повышения энергетических показателей и продления остаточного ресурса электромеханического оборудования за счет модернизации электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов путем внедрения в конструкцию активного фильтра.*

В диссертации Камышьяна А.М. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

**Апробация работы.** Основные положения обсуждались на заседаниях кафедры электроэнергетики и электромеханики Горного университета, докладывались и получили положительную оценку на конференциях и

семинаре: Международная научно-практическая конференция «Инновации на транспорте и в машиностроении», Санкт-Петербург, Россия, 2016; X Международная юбилейная конференция «Динамика систем, механизмов и машин», Омск, Россия, 2016; Международная научно-практическая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2017», Санкт-Петербург, Россия, 2017; Международный семинар «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики IPDME-2019», Санкт-Петербург, Россия, 2019.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от инженера-электроника I-ой категории отдела автоматизированных систем управления технологическим процессом Общества с ограниченной ответственностью «Производственное объединение «Киришинефтеоргсинтез», к.т.н. **Н.Г. Новожилова**; проректора по учебно-методической работе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», к.т.н., доцента **А.И. Могучева**; руководителя группы пуско-наладочных работ отдела автоматизированных систем управления акционерного общества «Электронмаш», к.т.н. **Е.В. Кулешова**; доцента кафедры экономической информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», к.т.н. **В.С. Саубанова**; профессора кафедры электроэнергетики и электротехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», профессора, д.т.н. **И.И. Артюхова**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеется ряд замечаний:

1. В разделе «Степень проработанности темы исследования» указан ряд фамилий российских ученых, занимающихся рассматриваемой проблемой, однако вместо фамилий конкретных зарубежных ученых указано лишь название фирмы «Siemens» (к.т.н. **Н.Г. Новожилов**).
2. Следовало пояснить назначение и принцип работы блоков, расположенных слева от дизель-генератора «D» на рисунке 2 (к.т.н. **Н.Г. Новожилов**).
3. В разделе «Актуальность темы исследования» указано, что «Эффективность горнодобывающего предприятия напрямую зависит от эффективности работы горнодобывающих машин». Однако большегрузные

самосвалы правильнее отнести не к горнодобывающим машинам, а к горнотранспортным машинам (к.т.н. **А.И. Могучев**).

4. На рисунке 8 не очень понятное обозначение в блоке «Diesel generator» (к.т.н. **А.И. Могучев**).

5. В разделе «Методология и методы исследований» указано, что теоретические исследования осуществлялись с применением физических основ электроники. Желательно пояснить, что конкретно подразумевал автор (к.т.н. **Е.В. Кулешов**).

6. Во втором научном положении отдельно оговаривается, что обеспечивается коэффициент мощности близкий к единице в части системы синхронный тяговый генератор – выпрямитель. В то же время не уделено внимание комплексной оценке энергетической эффективности с учетом других подсистем, например, «автономный инвертор – тяговый двигатель» (к.т.н. **Е.В. Кулешов**).

7. Представляется целесообразным рассмотреть в сравнительно-сопоставительном аспекте зарубежного опыта реализации систем электромеханических трансмиссий данной структуры, а также опыта разработки тяговых систем для других объектов промышленности (к.т.н. **Е.В. Кулешов**).

8. В разделе научная новизна указано, что структура и алгоритмы работы трансмиссии, предлагаемые автором, исключают необходимость «регулирования выходного напряжения тягового синхронного генератора». Действительно ли предполагается полностью отказаться от данной системы регулирования (к.т.н. **В.С. Саубанов**)?

9. Из автореферата не ясно, что понимается под термином «ухудшение горнотехнических условий добычи полезных ископаемых» и каким образом повышение эффективности системы бесконтактной электромеханической трансмиссии коррелирует с обозначенной проблемой (д.т.н. **И.И. Артюхов**).

10. На странице 10 автореферата написано, что с целью сокращения времени моделирования схема электромеханической трансмиссии условно разделена на две части. Не совсем понятно, как достигается указанная цель (д.т.н. **И.И. Артюхов**).

11. Функциональная схема на рисунке 2 плохо читается (д.т.н. **И.И. Артюхов**).

12. Не ясно, каким образом производилось измерение коэффициента мощности (страница 12 автореферата) (д.т.н. **И.И. Артюхов**).

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме**

диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** варианты модернизации электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов, позволяющие повысить энергетическую эффективность части системы генератор - выпрямитель;

**предложен** способ управления силовым полупроводниковым преобразователем в составе модернизированной электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов на основании анализа параметров энергетической эффективности и показателей качества переходных процессов в звене постоянного тока каждого варианта модернизации при использовании различных алгоритмов управления;

**доказана** возможность обеспечения модернизированной электромеханической трансмиссией высоких значений показателей энергетической эффективности в части системы синхронный тяговый генератор – активный выпрямитель;

**введен** новый алгоритм управления силовым полупроводниковым преобразователем электромеханической трансмиссии карьерного автосамосвала.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**изучено** современное состояние алгоритмов управления электромеханическими комплексами и способы обеспечения высокого уровня энергетической эффективности систем;

**доказано** положение, что использование активного выпрямителя напряжения с векторной системой управления с ориентацией по вектору напряжения тягового синхронного генератора в системах бесконтактных тяговых электромеханических трансмиссий с автономным источником большегрузных карьерных автосамосвалов обеспечивает повышение энергетической эффективности при коэффициенте мощности близком к единице в части системы синхронный тяговый генератор – выпрямитель;

**использован**, применительно к проблематике диссертации с получением обладающих новинкой результатов, комплекс существующих методов математического и имитационного моделирования;

**изложена** идея обеспечения устойчивой работы системы электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов с активным выпрямителем в тяговом режиме:

**раскрыты** закономерности протекания динамических процессов в звене постоянного напряжения модернизированной электромеханической

трансмиссии карьерных автосамосвалов при изменении нагрузки на тяговые асинхронные электродвигатели;

**проведена** модернизация имитационной модели электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов, позволяющей оценить энергетическую эффективность предложенного технического решения.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработан** способ управления активным выпрямителем в составе электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов, обеспечивающий высокие показатели энергетической эффективности;

**определены** методики синтеза структуры САУ электромеханической трансмиссии переменного тока карьерных автосамосвалов с учетом использования современной полупроводниковой базы;

**создана** система практических рекомендаций по модернизации электромеханических трансмиссий карьерных автосамосвалов;

**представлены** рекомендации к использованию полученных теоретических и экспериментальных данных в учебных дисциплинах при подготовке студентов по направлению 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника».

**Оценка достоверности результатов выявила:**

**результаты** экспериментальных исследований получены с использованием апробированных методов математического и имитационного моделирования и лицензированной программной среды Matlab-Simulink для моделирования работы электромеханической трансмиссии, представлена воспроизводимость результатов;

**теория** построена на известных закономерностях и проверяемых данных и фактах и согласуется с опубликованными ранее экспериментальными данными других исследователей по теме диссертации;

**идея базируется** на результатах анализа и обобщения зарубежного и отечественного опыта по разработке и применению алгоритмов управления электромеханическими комплексами и способе обеспечения требуемого уровня энергетической эффективности;

**установлена** сходимость результатов имитационного моделирования работы электромеханической трансмиссии и стендовых испытаний электромеханической трансмиссии, оснащенной тяговыми асинхронными двигателями.

**Личный вклад соискателя состоит** в постановке цели и задач исследования; в анализе зарубежной и отечественной научно-технической литературы, существующих конструкций электромеханических трансмиссий

большегрузных карьерных автосамосвалов; в проведении математического и имитационного моделирования работы электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов; в обобщении и обработке экспериментальных данных; в формулировке основных научных положений и выводов, а также в подготовке текстов научных публикаций и диссертации.

На заседании 30 сентября 2020 года диссертационный совет принял решение присудить **Камышьяну Альберту Михйловичу** ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-практической задачи повышения энергетической эффективности системы электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Шпенст Вадим Анатольевич

Коптева Александра Владимировна

30.09.2020