

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

Факультет электромеханический
Кафедра Электрическая тяга

Допускается к защите:
заведующий кафедрой

Электрическая тяга

Фролов Н. О. 15.06.23

(ФИО, подпись, дата)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема Повышение долговечности роликовых подшипников и
зубчатых передач ходовых частей локомотивов
(пояснительная записка)

23.05.03.18.ВКР.ПСТ518.01.ПЗ

(обозначение документа)

Разработал	<u>Михайлов П. А.</u> (обучающийся)	<u>ПСТ-518</u> (группа)	<u>[Подпись]</u> (подпись)	<u>29.06.23</u> (дата)
Руководитель	<u>к. т. н., доцент Стаценко К. А.</u> (должность, звание)		<u>[Подпись]</u> (подпись)	<u>09.06.23</u> (дата)
Консультант	<u>д. т. н., профессор Сирина Н. Ф.</u> (должность, звание)			<u>09.06.23</u> (дата)
	<u>ст. преподаватель Сурсяков Е. И.</u> (должность, звание)			<u>09.06.23</u> (дата)
Н. контролер	<u>к. т. н., доцент Мишин Я. А.</u> (должность, звание)		<u>[Подпись]</u> (подпись)	<u>15.06.23</u> (дата)
Рецензент	<u>нач. отдела расчетов</u> <u>Митраков А. С.</u> (должность, звание)		<u>[Подпись]</u> (подпись)	<u>05.06.2023</u> (дата)

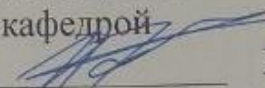
Екатеринбург
2023

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(УрГУПС)

Факультет электромеханический Кафедра Электрическая тяга
Специальность 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой



Н. О. Фролов

2023 г.

«20» 03

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу обучающемуся

Михайлов Павел Алексеевич

(Фамилия Имя Отчество)

1. Тема ВКР Повышение долговечности роликовых подшипников и зубчатых передач ходовых частей локомотивов

Утверждена приказом по университету от «20» марта 2023 г. № 532-с

2. Срок сдачи обучающимся законченной ВКР «17» июня 2023 г.

3. Исходные данные к ВКР Распоряжения ОАО «РЖД» № 2070р 2018 г. и № 3р 2005 г., инструкция по техническому обслуживанию и ремонту роликовых подшипников ЦТ/330.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) 1 Обзор научно-исследовательских работ по теме дипломного проекта. 2 Анализ статистических данных по работе роликовых подшипников колесно-моторных блоков электровозов. 3 Расчет буксового подшипника качения грузового электровоза. 4 Описание разработок специалистов УрГУПС и ОАО «ВНИИЖТ» в области повышения долговечности подшипников качения тяговых электродвигателей электровозов. 5 Повышение долговечности тяговых зубчатых передач локомотивов за счет применения новых смазочных материалов. 6 Расчет экономического эффекта от замены эвольвентной тяговой зубчатой передачи на передачу Новикова у электровозов с моторно-осевыми подшипниками качения. 7 Раздел по безопасности жизнедеятельности.

5. Перечень демонстрационно-графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и другого наглядного материала) 1 Дефекты роликовых подшипников качения тяговых двигателей электровозов постоянного и переменного тока (1 лист). 2 Расчет долговечности буксового подшипника электровоза (1 лист). 3 Моторно-якорный подшипник электровоза (1 лист). 4 Расположение защитного экрана на коллекторе (1 лист). 5 Модернизированный стенд для сборки тяговых электродвигателей (1 лист). 6 Характеристика подшипников «SKF INSOCOAT» с изолирующим покрытием на наружном кольце (1 лист). 7 Зубчатое колесо электровоза 2ЭС6 (1 лист). 8 Схема зубчатой передачи с многоспарным зацеплением (1 лист). 9 Расчет экономического эффекта от замены эвольвентной тяговой зубчатой передачи на передачу Новикова у электровозов с моторно-осевыми подшипниками качения (1 лист). 10 Требования к персоналу, выполняющему монтажные работы и ремонт подшипниковых узлов (1 лист).

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН-ГРАФИК

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов ВКР	Примечание
1	Обзор научно-исследовательских работ по теме дипломного проекта. Анализ статистических данных по работе роликовых подшипников колесно-моторных блоков электровозов	31.03.2023 г.	30 % объема основного раздела
2	Расчет буксового подшипника качения грузового электровоза. Описание разработок специалистов УрГУПС и ОАО «ВНИИЖТ» в области повышения долговечности подшипников качения тяговых электродвигателей электровозов	12.04.2023 г.	60 % объема основного раздела
3	Повышение долговечности тяговых зубчатых передач локомотивов за счет применения новых смазочных материалов	29.04.2023 г.	100 % объема основного раздела
4	Разработка экономического раздела	06.05.2023 г.	-
5	Разработка раздела «Безопасность жизнедеятельности»	13.05.2023 г.	-
6	Прохождение нормоконтроля и утверждение готового дипломного проекта на кафедре	17.06.2023 г.	-

Дата выдачи задания, руководитель

20.03.23



Стаценко К. А.

(дата, подпись ФИО)

Задание принял к исполнению обучающийся

20.03.23



Михайлов П. А.

(дата, подпись ФИО)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(УрГУПС)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Н. О. Фролов

«10» 04

2023 г.

ЗАДАНИЕ
на специальный раздел ВКР

Обучающийся Михайлов Павел Алексеевич Группа ПСТ-518
(Фамилия, Имя, Отчество) (группа)

Расчет экономического эффекта от замены эвольвентной тяговой зубчатой
передачи на передачу Новикова у электровозов с моторно-осевыми
подшипниками качения
(название специального раздела)

1. Тема ВКР Повышение долговечности роликовых подшипников и зубчатых
передач ходовых частей локомотивов

Утверждена приказом по университету от «20» марта 2023 г. № 532-со

Выпускающая кафедра Электрическая тяга
Руководитель ВКР Стаценко К. А., доцент, к. т. н.
(Фамилия, инициалы, должность или учёное звание, учёная степень)

2. Консультант раздела Сирина Н. Ф., профессор, д. т. н.
(Фамилия, инициалы, должность или учёное звание, учёная степень)

Кафедра, ведущая специальный раздел Экономика транспорта

3. Исходные данные Стоимость электроэнергии 1 кВт·ч – 3,89 р.

4. Срок сдачи обучающимся законченного раздела 06 мая 2023 г.

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке
вопросов) 1 Общие положения. 2 Себестоимость замены зубчатой передачи.
3 Расчет общепроизводственных расходов. 4 Расчет расходов на замену
зубчатой передачи при выполнении планового ремонта колесно-моторного
блока.

6. Название демонстрационно-графического материала Расчет экономического
эффекта от замены эвольвентной тяговой зубчатой передачи на передачу
Новикова у электровозов с моторно-осевыми подшипниками качения (1 лист).

7. Дата выдачи задания 10.04.23 Консультант _____ (подпись)

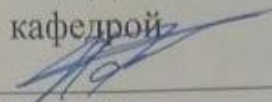
Согласовано: 10.04.23 _____ (дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 10.04.23 _____ (дата и подпись обучающегося)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(УрГУПС)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой


«11» 04

Н. О. Фролов

2023 г.

ЗАДАНИЕ
на специальный раздел ВКР

Обучающийся Михайлов Павел Алексеевич Группа ПСТ-518
(Фамилия, Имя, Отчество) (группа)
Безопасность жизнедеятельности
(название специального раздела)

1. Тема ВКР Повышение долговечности роликовых подшипников и зубчатых передач ходовых частей локомотивов

Утверждена приказом по университету от «20» марта 2023 г. № 532-со

Выпускающая кафедра Электрическая тяга

Руководитель ВКР Стаценко К. А., доцент, к. т. н.

(Фамилия, инициалы, должность или учёное звание, учёная степень)

2. Консультант раздела Сурьяков Е. И., ст. преподаватель

(Фамилия, инициалы, должность или учёное звание, учёная степень)

Кафедра, ведущая специальный раздел Техносферная безопасность

3. Исходные данные Справочно – нормативная документация

4. Срок сдачи обучающимся законченного раздела 13 мая 2023 г.

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов) 1 Безопасность труда при выполнении монтажных работ, ремонте подшипниковых узлов. 2 Экспертиза ВКР на соответствие требованиям безопасности и экологичности.

6. Название демонстрационно-графического материала Требования к персоналу выполняющие монтажные работы и ремонт подшипниковых узлов (1 лист).

7. Дата выдачи задания 11.04.2023 Консультант

(подпись)

Согласовано:

11.04.23

(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению

11.04.23

(дата и подпись обучающегося)

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 60 с., 5 рис., 9 табл., 28 источников, 3 прил.

ЭЛЕКТРОВОЗ, БУКСОВЫЙ УЗЕЛ, ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ, ЗУБЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА, ДИАГНОСТИКА, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Объектом исследования являются роликовые подшипники и зубчатые передачи ходовых частей локомотивов.

Цель проекта – повышение долговечности роликовых подшипников и зубчатых передач ходовых частей локомотивов.

В дипломном проекте выполнены обзор научно-исследовательских работ и анализ статистических данных по теме дипломного проекта. Выполнен расчет долговечности заданного буксового подшипника качения грузового электровоза. Приведено описание разработок специалистов кафедры электрической тяги УрГУПС и лаборатории ремонта и эксплуатации электровозов ОАО «ВНИИЖТ», внедрение которых повысит долговечность моторно-якорных подшипников. Сформулированы предложения по повышению долговечности тяговых зубчатых передач.

Выполнен расчет экономического эффекта от замены эвольвентной тяговой зубчатой передачи на передачу Новикова у электровозов с моторно-осевыми подшипниками качения.

Рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности.

					23.05.03.18.ВКР.ПСТ518.01.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит	Лист	Листов
Разраб.		Михайлов П. А.		05.06.23			
Провер.		Стаценко К. А.		05.06.23		6	60
Н. контр.		Мишин Я. А.		05.06.23	УрГУПС, ЭМФ Кафедра «ЭТ»		
Утверд.		Фролов Н. О.		05.06.23			

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект «Повышение долговечности роликовых подшипников и зубчатых передач ходовых частей локомотивов»,
выполненного студентом-дипломником
Михайловым Павлом Алексеевичем

В дипломном проекте рассматриваются основные вопросы диагностики неисправностей, причин возникновения и способы повышения долговечности роликовых подшипников и зубчатых передач ходовых частей локомотивов.

Выполнен анализ научно-исследовательских работ по теме диагностики локомотива во время эксплуатации, анализ отказов подшипниковых узлов КМБ на основе статистических данных Северной и Забайкальской ТР, выполнена оценка опыта вибродиагностики.

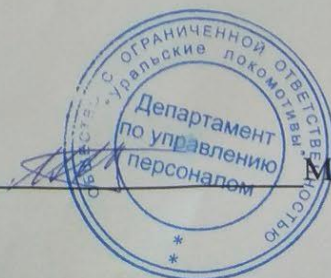
Выполнен расчет буксового подшипника качения грузового электровоза. Также в работе использованы методики, разработанные специалистами УрГУПС и учеными ВНИИЖТа в области повышения долговечности подшипников качения ТЭД электровозов.

В экономическом разделе выполнено технико-экономическое обоснование замены эвольвентной тяговой зубчатой передачи на передачу Новикова. Также в работе выполнена экспертиза дипломного проекта на соответствие требованиям безопасности жизнедеятельности.

Расчетный суммарный экономический эффект от повышения долговечности роликовых подшипников составил более 127 тыс. рублей.

Дипломный проект Михайлова Павла Алексеевича выполнен на высоком инженерном уровне, технически грамотно и заслуживает оценки **«ОТЛИЧНО»**.

Рецензент дипломного проекта
Начальник отдела расчетов
ООО «Уральские локомотивы»



Митраков А. С.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

ОТЗЫВ

о выпускной квалификационной работе студента факультета _____ «ЭМФ»

(Наименование)

Направления подготовки (специальности) 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог»

(Код, наименование)

Михайлов Павел Алексеевич

(Фамилия, имя, отчество)

Дипломный проект студента-дипломника Михайлова П.А. написан на тему повышения долговечности роликовых подшипников КМБ и тяговых зубчатых передач локомотивов.

Подшипниковые узлы ходовых частей электроподвижного состава на протяжении ряда лет работают ненадежно. Частые повреждения в процессе эксплуатации, высокий процент замены буксовых и моторно-якорных подшипников по различным дефектам поставили вопрос о разработке мер, повышающих их надежность.

Тяговые зубчатые передачи электровозов с эвольвентным профилем зубьев согласно данным статистики имеют ресурс до смены порядка 800 тыс. км и, вместе с периодичностью пропитки якорей ТЭД, лимитируют периодичность средних ремонтов электровозов второго поколения. По прогнозам исследователей, такой периодичностью будут характеризоваться и тяговые передачи электровозов 2ЭС6 и 2ЭС10, что ставит вопрос поиска для них альтернативных зацеплений.

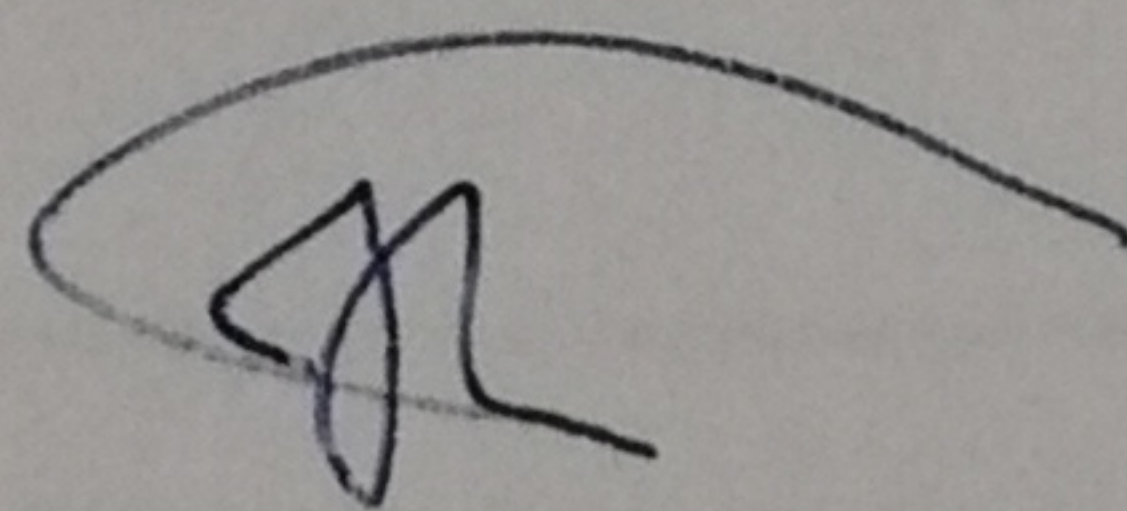
В дипломном проекте выявлены основные дефекты роликовых подшипников тяговых двигателей электровозов, исследованы причины их возникновения. Предложено применение моторно-якорных подшипников ТЭД шведской фирмы SKF с изолирующим покрытием на наружном кольце. Предложено применять тяговые зубчатые передачи с зацеплением Л.Н. Новикова с двумя линиями зацепления, износостойкость которых в эксплуатации, согласно исследованиям, в 15-18 раз превышает аналогичный показатель для эвольвентных зацеплений. Кроме того, для повышения долговечности зубчатых колес предложено применение новой полужидкой смазки ЭРС для тяговых редукторов.

Рассмотрены вопросы экономики и безопасности жизнедеятельности.

Дипломный проект Михайлова П.А. разработан самостоятельно, выполнен на высоком инженерном и научном уровне, технически грамотно, заслуживает оценки «отлично».

Считаю, что студент готов к выполнению самостоятельной инженерной работы по специальности.

Руководитель дипломного
проектирования Михайлова П.А. _____



к.т.н., доцент
Стаценко К.А.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Обзор научно-исследовательских работ по тепловым процессам в буксовых узлах	10
1.1 Обеспечение безопасности движения поездов с помощью современных программно-аппаратных средств КТСМ-03.....	10
1.2 Совершенствование технологии бесконтактного технологического контроля подвижного состава в движении	10
1.3 Обеспечение безопасности движения подвижного состава по показателям КТСМ в зависимости от типа буксового узла	11
2 Неисправности буксовых подшипников	13
3 Выбор и расчёт буксового подшипника качения	22
3.1 Описание конструкции буксового узла электровоза 2ЭС10	22
3.2 Расчёт буксового подшипника качения грузового электровоза	23
4 Сравнительный анализ устройств типа КТСМ	32
4.1 Общие сведения о КТСМ-01.....	32
4.2 Устройство и принцип действия комплекса КТСМ-01Д.....	37
4.3 Устройство и принцип действия многофункционального комплекса КТСМ-02	43
4.4 Устройство нового поколения КТСМ-03	50
4.5 Сравнение устройств типа КТСМ	55
5 Экономическая оценка работы систем бесконтактного теплового контроля букс железнодорожного подвижного состава	58
6 Организация безопасного рабочего места оператора центрального поста контроля	65
6.1 Актуальность задачи.....	65
6.2 Организация безопасного рабочего места оператора центрального поста контроля.....	66
6.2 Экспертиза выпускной квалификационной работы на соответствие требованиям безопасности и экологичности	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	77

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Конструкция буксового узла.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Моторно-якорный подшипник электровоза 2ЭС6.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Зубчатое колесо электровоза 2ЭС6	60