

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

Факультет Электромеханический

Кафедра Электроснабжение транспорта

Специальность 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Допускается к защите  
Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент Ковалев А.А.

« 15 » 06 2017 г.

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема: Проект усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ при организации маршрутов движения грузовых поездов

(пояснительная записка)

23.05.05.22.ПД.СОэ512.01.ПЗ

(шифр документа)

Разработал: студент СОэ-522 Кондратьев К.А.  
(студент-дипломник) (группа) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

Руководитель: ассистент Баева И.А.  
(должность, звание) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

Консультанты: к.т.н., доцент Афанасьева Н.А.  
(должность, звание) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

к.т.н., доцент Закирова А.Р.  
(должность, звание) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

Н. контролер: ассистент Окунев А.В.  
(должность, звание) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(должность, звание) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

Екатеринбург

2017

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

Факультет Электромеханический Кафедра Электроснабжение транспорта  
Специальность 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

к.т.н., доцент Ковалев А.А.

«15» 03 2017 г.

**Задание**  
**на дипломный проект студенту**

Кондратьеву Константину Андреевичу  
(фамилия, имя, отчество)

1 Тема проекта Проект усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ при организации маршрутов движения грузовых поездов

утверждена приказом по университету от «15» марта 2017 г. № 495-со

2 Срок сдачи студентом законченного проекта 19.06.2017

3 Исходные данные к проекту: 1. Профиль пути участка; 2. Расположение объектов системы тягового электроснабжения; 3. Масса поездов четного и нечетного направления; 4. Тип локомотивов для поездов; 5. Перечень основного оборудования тяговых подстанций.

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

1. Электрический расчет системы тягового электроснабжения с первым типом профиля пути, с различной массой грузовых поездов и скоростью движения;

2. Усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ при организации маршрутов движения грузовых поездов;





3. Техничко-экономическое сравнение систем БАРН и ВДУ;

4. Безопасность жизнедеятельности.

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, не включая слайды презентации)

1. План участка до модернизации; 2. Модернизация участка электроснабжения системой БАРН; 3. Алгоритм усиления системы тягового электроснабжения; 4. Классификация помещений электроустановок по уровню опасности и условий труда.

6 Консультанты по проекту (работе, с указанием относящихся к ним разделов проекта)

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял
Экономическая часть	Афанасьева Н.А.	 21.04.2017	 15.05.2017
Безопасность жизнедеятельности	Закирова А.Р.	 15.03.2017	 15.05.2017

7 Дата выдачи задания 13.03.2017

Руководитель  / Баева И.А. /

Задание принял к исполнению студент  / Кондратьев К.А. /

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов дипломного проекта (работы)	Срок выполнения этапов проекта (работы)	Отметка руководителя
Утверждение тем ВКР	22.02.17	Выполнено
Сбор исходных данных для выполнения ВКР	28.02.17	Выполнено
Постановка целей и задач ВКР, написание введения	01.03.17	Выполнено
Разработка основной части ВКР	17.03.17	Выполнено
Разработка специальной части ВКР	07.04.17	Выполнено
Разработка раздела по экономической части ВКР	21.04.17	Выполнено
Разработка раздела по БЖД	28.04.17	Выполнено
Подготовка графической части ВКР	01.05.17 – 10.05.17	Выполнено
Оформление ВКР	10.05.17 – 12.05.17	Выполнено
Подписание ВКР у консультантов	15.05.17 – 19.05.17	Выполнено
Подписание ВКР у руководителя	22.05.17 – 25.05.17	Выполнено
Проверка ВКР на плагиат	02.06.17-06.06.17	Выполнено
Нормоконтроль ВКР	06.06.17 – 09.06.17	Выполнено
Утверждение ВКР у заведующего кафедрой	13.06.17 – 16.06.2017	Выполнено
Сдача ВКР на кафедру	19.06.17	Выполнено
Получение рецензии на ВКР	07.06.17-16.06.17	Выполнено
Защита ВКР	26.06.17 – 05.07.17	Выполнено

Руководитель  студент - дипломник 

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий кафедрой  
«Электроснабжение транспорта»  
*К. т. н., доцент Ковалев А. А.*  
« 15 » 03 2017 г.

**Задание  
на специальный раздел ВКР  
(дипломный проект)**

Студент Кондратьев Константин Андреевич Группа СОэ-512  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Технико-экономическое сравнение систем БАРН и ВДУ  
(название специального раздела)

1. Тема Проект усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ  
при организации маршрутов движения грузовых поездов  
(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от « 15 » марта 2017 г. № 495-со

Выпускающая кафедра Электроснабжение транспорта

Руководитель проекта ассистент Баева И. А.  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

2. Консультант раздела к. т. н., доцент Афанасьева Н. А.

Кафедра, ведущая специальный раздел Экономика транспорта

3. Исходные данные: получены по месту практики

4. Срок сдачи студентом законченного раздела 15.05.2017

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

1. Технико-экономическое сравнение систем БАРН и ВДУ

6. Название демонстрационно-графического(их) материал(ов) \_\_\_\_\_

7. Дата выдачи задания 13.04.2017 Консультант И. А. /Н. А. Афанасьева  
(подпись)

Согласовано: 24.04.2017 /И. А. Баева  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 13.04.2017 /К. А. Кондратьев  
(дата и подпись студента-дипломника)

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий кафедрой  
«Электроснабжение транспорта»

*к.т.н., доцент Ковалев А.А.*

« 15 » 03 2017 г.

**Задание  
на специальный раздел ВКР  
(дипломного проекта)**

Студент Кондратьев Константин Андреевич Группа СОэ-512  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Безопасность жизнедеятельности  
(название специального раздела)

1. Тема Проект усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ при организации маршрутов движения грузовых поездов повышенной массы и соединенных поездов  
(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от « 15 » марта 2017 г. № 495-со

Выпускающая кафедра Электроснабжение транспорта

Руководитель проекта ассистент Баева И.А.  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

2. Консультант раздела к.т.н., доцент Закирова А.Р.

Кафедра, ведущая специальный раздел Техносферная безопасность

3. Исходные данные: получены по месту практики

4. Срок сдачи студентом законченного раздела 15.05.2017

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

1) Требования электробезопасности в помещениях электроустановок

2) Экспертиза дипломного проекта на соответствие требованиям безопасности жизнедеятельности

6. Название демонстрационно-графического(их) материала(ов)

1. Классификация помещений электроустановок по уровню опасности и условий труда.

7. Дата выдачи задания 15.03.2017 Консультант Закирова А.Р. /А.Р.Закирова/  
(подпись)

Согласовано: 01.05.2017 /И.А.Баева/  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 28.04.2017 /К.А.Кондратьев/  
(дата и подпись студента-дипломника)

## РЕФЕРАТ

В данном дипломном проекте всего: стр. 68, рис. 23, табл. 12, прил. 2, использованных источников 25 назв., чертежей и плакатов 11 листов.

**СИСТЕМА ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПРОФИЛЬ ПУТИ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, МАРШРУТ, АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ, ВОЛЬТОДОБАВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ЧИСТЫЙ ДИСКОНТИРОВАННЫЙ ДОХОД, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.**

**TRACTION POWER SYSTEM, PROFILE OF THE WAY, ELECTRICAL CALCULATION, ROUTE, AUTOMATIC VOLTAGE REGULATION, BALANCER BOOSTER DEVICE, SAFETY, NET PRESENT VALUE, ECONOMIC EFFICIENCY**

**Объект исследования:** системы тягового электроснабжения постоянного тока.

**Цель:** увеличение пропускной способности участка постоянного тока 3,0 кВ при организации маршрутов движения грузовых поездов.

**Экономическая эффективность:** приведенные затраты на внедрение БАРН составили 131 021 109,778 рублей.

					<b>23.05.05.22.ПД.СОэ512.01.ПЗ</b>
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Проект усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ при организации маршрутов движения грузовых поездов  ФГБОУ ВО УрГУПС кафедра Электроснабжение транспорта
Разраб.		Кондратьев К.А.	[подпись]	17.05.17	
Пров.		Баева И.А.	[подпись]	19.05.17	
Т. контр.					
Н. контр		Окунев А.В.	[подпись]	06.06.17	
Утв.		Ковалев А.А.	[подпись]	15.06.17	
		Лит.	Лист	Листов	
		У	-	-	6
					68

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

**ОТЗЫВ**

о выпускной квалификационной работе студента факультета ЭМФ  
(Наименование)

специальности 23.05.05 – Системы обеспечения движения поездов  
(Код, наименование)

Кондратьев Константин Андреевич

(Фамилия, имя, отчество)

на тему: «Проект усиления системы тягового электроснабжения постоянного  
тока 3,0 кВ  
при организации маршрутов движения грузовых поездов»

Руководитель: ассистент, Баева И.А.

В ходе дипломного проектирования разработаны основные вопросы усиления системы тягового электроснабжения, включая такие, как электрический расчет системы тягового электроснабжения с различной массой грузовых поездов и скоростью движения, определение основных технико-энергетических показателей системы.

Особенно подробно рассмотрены вопросы усиления СТЭ постоянного тока при пропуске грузовых поездов повышенной массы и соединенных грузовых поездов. Исследованы варианты усиления системы и выбран оптимальные по технико-энергетическим и технико-экономическим показателям. Проведена оценка режимов работы электрифицированного участка постоянного тока.

За период дипломного проектирования Кондратьев Константин Андреевич показал умение самостоятельно собирать и анализировать материал, принимать решения на основе анализа. Также студент показал навыки выполнения тяговых расчетов и умение выполнить оценку полученных на его основе результатов. В процессе работы над проектом он показал умение самостоятельно грамотно решать поставленные задачи.

В целом дипломный проект выполнен на высоком техническом уровне, в связи с этим заслуживает отличной оценки.

Руководитель проекта



Баева И.А.

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

**РЕЦЕНЗИЯ**

на выпускную квалификационную работу (ВКР)

о дипломном проекте студента факультета Электромеханического

специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

студента Кондратьева Константина Андреевича, гр. СОэ-512

Рецензент Начальник района сетей станции Екатеринбург–Пассажирский

ЭЧ–3 Колыбасов Илья Леонидович

*(ученая степень, ученое звание, должность, место работы, фамилия, имя, отчество)*

Тема ВКР: Проект усиления системы тягового электроснабжения  
постоянного тока 3,0 кВ при организации маршрутов движения грузовых  
поездов

ВКР объемом 68 страниц, содержит 23 рисунка, 12 таблиц, 2 приложения, 25  
источников.

ВКР посвящена Увеличению пропускной и провозной способности участка для  
дальнейшего увеличения скорости движения и масс грузовых поездов

Основные результаты В ходе проекта студентом проведены электрические  
расчеты системы тягового электроснабжения с нерегулируемыми и  
регулируемыми преобразовательными агрегатами тяговых подстанций,  
разработаны варианты усиления СТЭ участка и произведена оценка  
экономической эффективности вариантов усиления СТЭ  
участка



Новизна и оригинальность идей, положенных в основу ВКР, а также методы ее выполнения Расчеты, выполненные в дипломном проекте ранее в проектах не выполнялись.

Практическая значимость ВКР Результаты дипломного проекта предназначены для внедрения при усилении СТЭ участка. Экономический эффект от внедрения системы БАРН превосходит другие варианты усиления – сооружение промежуточных тяговых подстанций, установка ПС и ППС, применение ВДУ.

Анализ обоснованности выводов и предложений Выводы и предложения, представленные в дипломном проекте полностью обоснованы, в доказательство приведены расчетные данные в программе КОРТЭС

Качество оформления Пояснительная записка и демонстрационно-графическая часть выполнены аккуратно, в них учтены основные требования оформления, а также продемонстрировано умение автора применять технические и программные средства. Проект содержит таблицы, графики и рисунки, повышающие наглядность текстового материала

Недостатки ВКР (замечания) Не приведены расчеты по оценке возможностей систем усиления для скоростного и высокоскоростного движения пассажирских поездов

Изложенное позволяет считать, что рецензируемая ВКР студента Отвечает всем предъявленным требованиям и заслуживает оценки «Отлично».

Дата \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

(Фамилия И.О.)

Подпись \_\_\_\_\_



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем дипломном проекте рассмотрены и решены следующие вопросы:

1. В основной части дипломного проекта выполнен электрический расчет системы тягового электроснабжения с первым типом профиля пути, с различной массой грузовых поездов и регулированием скорости движения. Произведен электрический расчет тягового электроснабжения при пропуске грузового соединенного поезда. При скорости 50 км/ч и уровне стабилизации 3700 В расход электрической энергии на тягу  $A_T$  составил 28260 кВт·ч, при скорости 70 км/ч и уровне стабилизации 3700 В  $A_T$  составил 28003 кВт·ч, при скорости 100 км/ч и уровне стабилизации 3700 В  $A_T$  составил 34993 кВт·ч. Произведен электрический расчет тягового электроснабжения при пропуске одиночных грузовых поездов с межпоездным интервалом 10 минут. При скорости 50 км/ч и уровне стабилизации 3700 В расход электрической энергии на тягу  $A_T$  составил 28290 кВт·ч, при скорости 70 км/ч и уровне стабилизации 3700 В  $A_T$  составил 28094 кВт·ч, при скорости 100 км/ч и уровне стабилизации 3700 В  $A_T$  составил 35132 кВт·ч.

Выполнен технико-электрический анализ при пропуске грузовых поездов повышенной массы и соединенных грузовых поездов. Составлены зависимости снижения потерь электрической энергии в тяговой сети при регулирования скорости движения поездов от 50 км/ч до 100 км/ч при стабилизации внешней характеристики на шинах тяговых подстанций на уровне 3500 В, 3600 В и 3700 В, снижения потерь электрической энергии в преобразовательных трансформаторах при увеличении уровня стабилизации внешней характеристики на шинах тяговых подстанций на уровне 3500 В, 3600 В и 3700 В и при регулировании скорости движения поездов от 50 км/ч до 100 км/ч, снижения расхода электрической энергии на шинах тяговых подстанций  $\Delta A_{тп}$  при увеличении уровня стабилизации внешней характеристики на шинах тяговых подстанций на уровне 3500 В, 3600 В и 3700 В и при регулировании скорости движения поездов от 50 км/ч до 100 км/ч. Составлена сводная таблица электрического расчета системы тягового электроснабжения постоянного тока на участке с движением в нечетном направлении с пакетами грузовых поездов массой [6000 т + 6000 т соединенный] и 6000 т с межпоездным интервалом 10 минут с регулированием скорости движения поездов от 50 км/ч до 100 км/ч. В результате расчетов снижение на уровне стабилизации напряжения 3700 В на шинах тяговых подстанций составило 1,3 – 2,5 % (рисунок 1.11), по счетчикам электроподвижного состава на 0,1 – 0,98 % (рисунок 1.9), расхода электрической энергии в тяговой сети 10,4 – 19,94 % (рисунок 1.10) и в преобразовательном трансформаторе 0,12 – 9,46 % (рисунок 1.12).

2. В специальной части данного дипломного проекта изучены режимы работы тягового электроснабжения 3,0 кВ, Произведен обзор и анализ

существующих методов усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока. Разработан алгоритм усиления системы тягового электроснабжения.

3. Произведено технико-экономическое сравнение систем БАРН и ВДУ. В результате получено, что приведенные затраты на внедрение системы БАРН на 95,5 млн меньше, чем на ВДУ.

4. В разделе «Безопасность жизнедеятельности» раскрыта тема «требования электробезопасности в помещениях электроустановок» разработаны организационные и нормативно-технические мероприятия. Проведена экспертиза дипломного проекта на соответствие требованиям норм безопасности труда, правил эксплуатации электроустановок потребителей. Сделан вывод, что проект удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Э.В. Тер-Оганов, А.А. Пышкин. Электроснабжение железных дорог. Учебник для вузов железнодорожного транспорта. – Екатеринбург: Изд-во УрУПС, 2014. – 11 с.
2. А.Н. Марикин, А.П. Самонин, В.Г. Жемчугов. Способы усиления тягового электроснабжения постоянного тока при интенсивном движении поездов. 2012. – 123 с.
3. А.Н. Марикин. Стабилизация напряжения на токоприемниках подвижного состава электрифицированных железных дорог постоянного тока. Диссертация. – Санкт-Петербург, 2008. – 7с.
4. А.А. Федотов. Оптимизация системы тягового электроснабжения тяжеловесного движения на основных направлениях. 2016 г.
5. Усиление системы тягового электроснабжения с минимальными затратами. <http://ipit.ooo.ru>.
6. Энергетическая стратегия холдинга «Российские Железные Дороги» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года. – Москва. 2011.
7. Б.А. Аржанников, И.О. Набойченко. Концепция усиления тягового электроснабжения постоянного тока. Монография. Екатеринбург. УрГУПС 2015 г. – 111 с.
8. Б.А. Аржанников. Тяговое электроснабжение постоянного тока скоростного и тяжеловесного движения поездов. Монография. – Екатеринбург: Изд-во УрУПС, 2012. – 11 с.
9. С.А. Блинкова. Совершенствование методики расчета энергообеспеченности скоростных пассажирских перевозок на железных дорогах постоянного тока. Диссертация. – Самара, 2015. – 74 с.
10. Б.А. Аржанников, А.Г. Галкин, А.Т. Бурков, В.А. Мансуров, И.О. Набойченко. Перспектива разработки системы электрической тяги постоянного тока повышенного напряжения 12, 24 кВ для скоростной магистрали Москва–Екатеринбург. 2015.
11. Типовые нормы времени на текущий ремонт оборудования и устройств тяговых подстанций и постов секционирования электрифицированных железных дорог. – М.: Транспорт, 1988. – 168 с.
12. Типовые нормы времени на капитальный ремонт устройств и оборудования тяговых подстанций. – М.: Транспорт, 1989. – 197 с.
13. Типовые нормы времени на текущий ремонт и профилактические испытания полупроводниковых преобразователей тяговых подстанций. – М.: Транспорт, 1985. – 95 с.
14. Методические рекомендации по расчету экономической эффективности новой техники и технологии, объектов интеллектуальной собственности и рационализаторских предложений, утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 28 ноября 2008 г №2538р.: ОАО «РЖД» – 105 с.

15. Положение о корпоративной системе оплаты труда работников филиалов и структурных подразделений ОАО РЖД с изменениями от 02.04.2013 г.
16. Методические рекомендации по расчету экономической эффективности новой техники и технологии, объектов интеллектуальной собственности и рационализаторских предложений (В ред. Распоряжения ОАО "РЖД" от 10.11.2009 N 2288р).
17. Распоряжение РЖД 454р от 20.02.2015 (МРОТ).
18. Л.М. Алексеева. Методические указания к выполнению экономической части дипломных проектов: Экономическая эффективность мероприятий, направленных на повышение надежности работы устройств электроснабжения. – 2007, УрГУПС.
19. Кузнецов К.Б.; Мишарин А.С. Электробезопасность в электроустановках железнодорожного транспорта. – Екатеринбург: Изд-во УрГАПС, 1999. – 425 с.
20. Анализ состояния условий и охраны труда в ОАО «РЖД» за 2015 г.
21. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов. Под ред. Б.А. Князевского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983 - 336 с.
22. Санитарно-Эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. СанПиН 2.2.4.3359-16. – 138с.
23. Приказ министерства труда и социальной защиты российской федерации от 24 июля 2013 года № 328н.
24. Белинский С.О., Кузнецов К.Б. Безопасность и экологичность при проектировании и эксплуатации электроустановок. Город Екатеринбург: Издательство УрГУПС, 2006. – 35 с.
25. Правила устройства электроустановок. 7-ое издание. 2002 г. – 12 с.