

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

Кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном  
транспорте»

Камаева М.А.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НА УЧАСТКЕ  
ЕКАТЕРИНБУРГ-ЕГОРШИНО СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ CWDM**

Дипломный проект

Екатеринбург  
2020

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Уральский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

Факультет Электротехнический

Кафедра Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте

Допускается к защите:  
заведующий кафедрой,  
доцент, к.т.н. Черезов Г.А.

\_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись, дата)

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема: «Модернизация транспортной сети на участке Екатеринбург-Егоршино  
Свердловской железной дороги с использованием технологии CWDM»  
(пояснительная записка)

23.05.05.01.ПД.СОТ515.01.ПЗ  
(обозначение документа)

Разработал	<u>обучающийся СОТ-515</u> (обучающийся) (группа)	<u>14.06.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Камаева М.А.</u>
Руководитель	<u>доцент, к.т.н.</u> (должность, звание)	<u>14.06.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Пащенко М.А.</u>
Консультант	<u>доцент к.м.н.</u> (должность, звание)	<u>10.06.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Яценко А.С.</u>
	<u>доцент к.э.н.</u> (должность, звание)	<u>28.05.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Лисенко О.А.</u>
Н.контролер	<u>доцент к.т.н.</u> (должность, звание)	<u>17.06.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Русакова Е.А.</u>
Рецензент	<u>главный инженер</u> (должность, звание)	<u>26.06.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Чарин А.В.</u>

Екатеринбург  
2020

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

Факультет Электротехнический

Кафедра Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте

Допускается к защите:  
заведующий кафедрой,  
доцент, к.т.н. Черезов Г.А.

\_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись, дата)

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема: «Модернизация транспортной сети на участке Екатеринбург-Егоршино  
Свердловской железной дороги с использованием технологии CWDM»  
(презентация)

23.05.05.01.ПД.СОТ515.01.ПРЗ  
(обозначение документа)

Разработал	<u>обучающийся СОТ-515</u> (обучающийся) (группа)	<u></u> (подпись)	<u>14.06.2020</u> (дата)	<u>Камаева М.А.</u>
Руководитель	<u>доцент, к.т.н.</u> (должность, звание)		<u>14.06.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Пашенко М.А.</u>
Консультант	<u>доцент к.м.н.</u> (должность, звание)		<u>10.06.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Яценко А.С.</u>
	<u>доцент к.э.н.</u> (должность, звание)		<u>28.05.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Лисенко О.А.</u>
Н.контролер	<u>доцент к.т.н.</u> (должность, звание)		<u>17.06.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Русакова Е.А.</u>
Рецензент	<u>главный инженер</u> (должность, звание)		<u>26.06.2020</u> (подпись) (дата)	<u>Чарин А.В.</u>

Екатеринбург  
2020

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

Факультет Электротехнический Кафедра Автоматика, телемеханика и связь  
на железнодорожном транспорте  
Специальность 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

УТВЕРЖДАЮ:  
заведующий кафедрой,  
доцент, к.т.н. Черезов Г.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020г.

### Задание

на выпускную квалификационную работу обучающемуся  
Камаевой Марии Александровне  
(Фамилия Имя Отчество)

1. Тема работы Модернизация транспортной сети на участке Екатеринбург-Егоршино Свердловской железной дороги с использованием технологии CWDM  
утверждена приказом по университету от « 20 » марта 2020г. № 520-со
2. Срок сдачи обучающимся законченного ВКР « 16 » июня 2020 г.
3. Исходные данные к ВКР Задание дипломного проекта, нормативно-справочная литература, техническое описание аппаратуры, материалы инженерно-технических изысканий.
4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)  
Характеристика сети ОТС на участке Екатеринбург-Егоршино, Технология оптического уплотнения, Модернизация транспортной сети на участке, Расчет параметров оптического кабеля; Безопасность жизнедеятельности; Расчет экономической эффективности модернизации сети.
5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и другого наглядного материала) 1) Актуальность; 2) Цель и задачи дипломного проекта; 3) Характеристика сети ОТС на участке Екатеринбург – Егоршино; 4) Существующая схема связи на участке Екатеринбург–Егоршино; 5) Характеристика оборудования; 6) Технология оптического уплотнения; 7) Концепция построения сетей на технологии CWDM; 8) Модернизация транспортной сети на участке; 9) Внедрение технологии CWDM; 10) Модернизированная схема на участке Екатеринбург – Егоршино; 11) Оборудование CWDM; 12) Расчет экономической эффективности модернизации сети на основе технологии CWDM; 13) Обеспечение безопасности при работе с оптическим излучением; 14) Выводы

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН-ГРАФИК

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов ВКР	Примечание
1.	Изучение научно-технической информации, сбор информации об участке проектирования	27.03.20- 10.04.20	10%
2.	Изучения оборудования	11.04.20- 18.04.20	15%
3.	Изучение информации о технологии оптического уплотнения. Внедрение технологии на участке.	19.04.20-30.04.20	20%
4.	Разработка новой схемы связи. Распределение трафика сети.	02.05.20 -16.05.20	20%
5.	Расчет экономической эффективности модернизации	16.05.20- 30.05.20	15%
6.	Разработка раздела по БЖД	31.05.20-10.06.20	15%
7.	Оформление пояснительной записки, графических материалов и подготовка доклада	11.06.20-16.06.20	5%

Дата выдачи задания, руководитель 23.03.2020 г. /Пащенко М.А. /  
(дата, подпись, ФИО)

Задание принял к исполнению обучающийся 23.03.2020 г. Камаева М.А. /  
(дата, подпись, ФИО)

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

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой  
к.т.н., доцент Черезов Г.А.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**Задание  
на специальный раздел ВКР**

Обучающийся Камаева Мария Александровна Группа СОМ-515  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Расчет экономической эффективности модернизации сети на основе технологии CWDM  
(название специального раздела)

1. Тема Модернизация транспортной сети на участке Екатеринбург-Егоршино  
Свердловской железной дороги с использованием технологии CWDM  
(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «20» марта 2020г. № 520-сo

Выпускающая кафедра Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном  
транспорте

Руководитель проекта Пащенко М.А., доцент, к.т.н.  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

2. Консультант раздела Лисенко О.А., доцент, к.э.н

Кафедра, ведущая специальный раздел Экономика транспорта

3. Исходные данные: Единые капитальные затраты; получены по месту практики

4. Срок сдачи студентом законченного раздела 28 мая 2020г.

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

1) Расчет фонда заработной платы, 2) Расчет отчислений на социальные нужды, 3) Расчет  
амортизационных отчислений 4) Расчет амортизационных отчислений 5) Расчет затрат  
на материалы и запасные части, 6) Расчет накладных расходов, 7) Расчет прибыли, 8)  
Расчет срока окупаемости капитальных вложений

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

Расчет экономической эффективности модернизации сети на основе технологии CWDM

7. Дата выдачи задания 17.04.2020г. Консультант \_\_\_\_\_ / Лисенко О.А. /  
(подпись)

Согласовано: 19.04.2020г. \_\_\_\_\_ / Пащенко М.А. /  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 19.04.2020г. \_\_\_\_\_ / Камаева М.А. /  
(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  
к.т.н., доцент Черезов Г.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**Задание  
на специальный раздел ВКР**

Обучающийся Камаева Мария Александровна Группа СОТ-515  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Обеспечение безопасности при работе с оптическим излучением  
(название специального раздела)

1. Тема Модернизация транспортной сети на участке Екатеринбург-Егоршино  
Свердловской железной дороги с использованием технологии CWDM  
(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «20» марта 2020г. № 520-со

Выпускающая кафедра Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном  
транспорте

Руководитель проекта Пашенко М.А., доцент, к.т.н.  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

2. Консультант раздела Яценко А.С., доцент к.м.н.

Кафедра, ведущая специальный раздел Техносферная безопасность

3. Исходные данные: получены по месту практики

4. Срок сдачи студентом законченного раздела 10 июня 2020 г.

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

1) Актуальность, 2) Нормативные требования к средствам охраны труда, 3) Разработка  
конструктивных решений, 4) Экспертиза безопасности и экологичности, 5) Выводы по  
разделу

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

Обеспечение безопасности при работе с оптическим излучением

7. Дата выдачи задания 15.04.2020г Консультант \_\_\_\_\_ /А.С. Яценко/  
(подпись)

Согласовано: 17.04.2020г \_\_\_\_\_ / Пашенко М.А./  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 17.04.2020г \_\_\_\_\_ /Камаева М.А./  
(дата и подпись студента-дипломника)

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 86 страниц текста, 20 рисунков, 17 таблиц, 20 библиографических источников, 3 приложения.

**ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ, ТЕХНОЛОГИИ СПЕКТРАЛЬНОГО УПЛОТНЕНИЯ, МУЛЬТИПЛЕКСОР, ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ, ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.**

Цель данного дипломного проекта является увеличение пропускной способности сети связи на участке Екатеринбург-Егоршино на базе волоконно-оптической линии передачи с использованием технологии CWDM.

В ходе выполнения работы были подробно рассмотрены теоретические аспекты технологии спектрального уплотнения, произведен анализ и выбор технологии на участке. Были выполнены расчеты характеристик волоконно-оптического кабеля, рассмотрены вопросы обеспечения безопасности труда, выполнено экономическое обоснование эффективности модернизации сети.

					23.05.05.01.ПД.СОт515.01.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Модернизация транспортной сети на участке Екатеринбург-Егоршино Свердловской железной дороги с использованием технологии CWDM	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Камаева М.А.						6	86
Провер.	Пащенко М.А.							
Н. Контр.	Русакова Е.А.							
Утверд.	Черезов Г.А.				УрГУПС, ЭТФ, кафедра АТ и С			

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	11
1. Характеристика сети ОТС на участке Е-Е.....	12
1.1. Характеристика участка .....	12
1.2.Существующая сеть связи.....	13
1.2.1.Общая структура сети связи .....	13
1.2.2.Характеристики кабеля.....	15
1.2.3.Существующая транспортная сеть связи на участке.....	17
1.3. Характеристика оборудования .....	19
1.3.1. Назначение мультиплексора .....	19
1.3.2. Технические характеристики мультиплексора .....	20
1.3.3.Состав и конфигурация мультиплексора.....	20
1.3.4. Питание и индикации мультиплексора.....	24
1.4. Обоснование модернизации .....	27
2. Технология оптического уплотнения.....	28
2.1. Принципы оптического уплотнения .....	28
2.2. Описание технологии CWDM .....	30
2.3. Концепция построения сетей на технологии CWDM .....	33
2.4. Организация сети на технологии CWDM.....	36
3. Модернизация транспортной сети на участке .....	40
3.1.Схема связи участка.....	40
3.2.Описание оборудования .....	44
3.3 Расчет параметров оптического кабеля .....	47
4. Расчет экономической эффективности модернизации сети на основе технологии CWDM .....	57
4.1.Общие положения .....	57
4.2. Расчет фонда заработной платы .....	58
4.3. Расчет отчислений на социальные нужды.....	59
4.4.Расчет амортизационных отчислений.....	59
4.5 Расчет затрат на материалы и запасные части .....	60
4.6. Расчёт накладных расходов .....	61
4.7. Расчет прибыли .....	62
4.8. Расчет срока окупаемости капитальных вложений.....	64

5. Безопасность жизнедеятельности.....	66
5.1. Обеспечение безопасности при работе с оптическим излучением.....	66
5.1.1. Актуальность задачи.....	66
5.1.2. Нормативные требования к средствам охраны труда и экологической защиты.....	67
5.1.3. Разработка конструктивных решений.....	70
5.2. Экспертиза безопасности и экологичности проекта .....	76
5.2.1. Промышленная санитария.....	76
5.2.2. Безопасность труда .....	77
5.2.3. Экологическая безопасность.....	78
5.2.4. Безопасность при чрезвычайных ситуациях .....	78
5.3. Выводы по разделу.....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	86

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время связь призвана эффективным быстрорастущим элементом общества, обеспечивающим систему управления технологическими процессами, а также другими сферами деятельности железнодорожного транспорта. Модернизация системы управления связана непосредственно с использованием новых телекоммуникационных технологий.

ОАО «РЖД» является крупным и территориально разнесенным предприятием Российской Федерации, поэтому общемировые тенденции в информационной отрасли поддерживаются и отражаются здесь в полной мере. Обеспечивается это путем развития технологий для модернизации существующих информационных систем и внедрения новых, также используется современное оборудование.

Важную роль в выполнении основных целей и задач развития телекоммуникаций на железных дорогах выполняет оперативно-технологическая связь (ОТС), обеспечивающая эксплуатационную деятельность транспорта. При модернизации цифровых сетей связи появляется возможность выделения нужного количества потоков, что является актуальным для сети ОТС, так как это позволяет увеличить гибкость управления, улучшить качественные показатели связи и обеспечить высокую надежность сети путем резервирования волоконно-оптических линий связи. Использование технологии CWDM позволит передавать по одному волокну несколько сигналов с различной длиной волны, что позволяет увеличить суммарный передаваемый поток.

В дипломном проекте рассматривается модернизация транспортной сети на участке Екатеринбург – Егоршино Свердловской железной дороги с использованием технологии CWDM.

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

**ОТЗЫВ**

о выпускной квалификационной работе обучающегося

**Камаевой Марии Александровны**

факультета электротехнического.

Направление подготовки (специальности) 23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов» специализация «Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта».

Дипломный проект выполнен в соответствии с заданием и в срок.

Дипломный проект посвящен модернизации транспортной сети на участке Свердловской железной дороги. Приведена характеристика участка Екатеринбург-Егоршино, описано существующее телекоммуникационное оборудование.

В дипломе описана технология оптического уплотнения. Рассмотрена общая концепция построения сетей на базе технологии CWDM, проанализированы преимущества и особенности использования систем оптического уплотнения.

В дипломном проекте разработана новая схема организации транспортной сети связи на участке с использованием технологии CWDM. Приведено описание нового оборудования. Выполнены расчеты параметров оптического кабеля.

Дипломный проект написан на актуальную тему и оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов.

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «отлично».

Руководитель:  23.06.2020

Михаил Александрович Пашченко, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»  
Уральского государственного университета путей сообщения

**РЕЦЕНЗИЯ**  
на выпускную квалификационную работу

студента факультета ЭТФ  
Камаевой М.А.

рецензент  
главный инженер  
Чарин А.В.

Модернизация транспортной сети на участке с использованием технологии CWDM с последующим увеличением пропускной способности сети на сегодняшний день является актуальной задачей.

Представленная на рецензию выпускная квалификационная работа изложена на 86 листах пояснительной записки и на 3 плакатах графического материала. Пояснительная записка написана достаточно грамотно, ясным языком, приведены корректные математические формулировки. Графический материал наглядно отражает весь ход работы и соответствует требованиям ЕСКД.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были подробно рассмотрены теоретические аспекты технологии спектрального уплотнения, был разработан проект модернизации участка Екатеринбург-Егоршино на действующем волоконно-оптическом кабеле с использованием оборудования CWDM.

К большому сожалению Камаева М.А. не полностью рассмотрела недостатки внедряемой на участке технологии CWDM.

Несмотря на указанное замечание, считаю, что выпускная квалификационная работа Камаевой М.А. соответствует требованиям высшей школы, заслуживает оценки **«отлично»**, а сам Камаева М.А. заслуживает присуждения квалификации инженер путей сообщения.

Главный инженер

Чарин А.В.