

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

Черезов Г.А.

«14» июня 2022г.




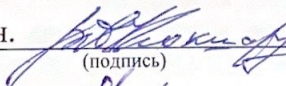

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема: Организация передачи информации по квантовым каналам связи на  
участке Челябинск-Екатеринбург

(пояснительная записка)

23.05.05.01.ПД.СОТ517.01.ПЗ

(обозначение документа)

Разработал	<u>обучающийся</u> (обучающийся)	<u>СОТ-517</u> (группа)	<u></u> (подпись)	<u>09.06.2022</u> (дата)	<u>Мохова Т.А.</u>
Руководитель	<u>доцент, к.т.н.</u> (должность, звание)	<u></u> (подпись)	<u>09.06.2022</u> (дата)	<u>Русакова Е.А.</u>	
Консультант	<u>доцент, к.м.н.</u> (должность, звание)	<u></u> (подпись)	<u>04.06.2022</u> (дата)	<u>Яценко А.С.</u>	
	<u>профессор, д.э.н.</u> (должность, звание)	<u></u> (подпись)	<u>04.06.2022</u> (дата)	<u>Кокшаров В.А.</u>	
Н. контролер	<u>доцент, к.т.н.</u> (должность, звание)	<u></u> (подпись)	<u>10.06.2022</u> (дата)	<u>Русакова Е.А.</u>	

Екатеринбург  
2022



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 ж-д транспорте

Специальность 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Черезов Г.А.

«14» июня 2022г.

### Задание

на выпускную квалификационную работу обучающемуся  
Моховой Татьяне Александровне  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема ВКР Организация передачи информации по квантовым каналам связи на участке Челябинск-Екатеринбург утверждена приказом по университету от «04» марта 2022 г. №364-со
2. Срок сдачи обучающимся законченного ВКР «09» июня 2022 г.
3. Исходные данные к ВКР: задание дипломного проекта; нормативно-справочная литература; техническое описание аппаратуры; интернет; материалы инженерно-технических изысканий
4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов): Актуальность темы проекта; Характеристика участка железной дороги; Технический проект передачи информации по квантовым каналам связи на участке железной дороги; Расчет капитальных вложений на организацию квантовых каналов связи; Обеспечение безопасности при работе с оптическим излучением.
5. Перечень демонстративно-графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и другого наглядного материала): Актуальность дипломного проекта; Цели и задачи дипломного проекта; Квантовое шифрование; Требования к проектируемой сети; Характеристика участка Челябинск-Екатеринбург; Существующая схема организации связи; Анализ кабельной инфраструктуры; Выбор терминала QKD; Результаты расчетов; Оборудование жизнеобеспечения; Схема реализации проекта; Расчет капитальных вложений; Обеспечение безопасности при работе с оптическим излучением; Выводы.

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН-ГРАФИК

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов	Примечание
1	Изучение научно-технической литературы, сбор информации о рассматриваемом участке	04.04.22	20%
2	Характеристика существующей сети связи	10.04.22	25%
3	Обзор оборудования квантовой передачи информации	19.04.22	35%
4	Разработка технических решений	30.04.22	50%
5	Расчет регенерационного участка	07.05.22	60%
6	Расчет надежности ВОЛС	15.05.22	70%
7	Разработка раздела «Безопасность жизнедеятельности»	20.05.22	80%
8	Технико-экономический расчет капитальных вложений	26.05.22	85%
9	Оформление пояснительной записки	01.06.22	90%
10	Подготовка доклада и презентации	08.06.22	100%

Дата выдачи задания, руководитель


23.03.2022 г.

  
(дата, подпись, ФИО)

/Русакова Е.А./

Задание принял к исполнению обучающийся

23.03.2022 г.

  
(дата, подпись, ФИО)

/Мохова Т.А./



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  
Специализация «Телекоммуникационные системы и сети на железнодорожном  
транспорте»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Черезов Г.А.

«14» июня 2022г.

Задание  
на специальный раздел ВКР

Обучающийся Мохова Татьяна Александровна Группа СОТ-517  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Расчет капитальных вложений на организацию квантовых каналов связи  
(Название специального раздела)

1. Тема ВКР Организация передачи информации по квантовым каналам связи на участке  
Челябинск-Екатеринбург  
(Название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «04» марта 2022 г. №364-со  
Выпускающая кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном  
транспорте»

Руководитель ВКР Русакова Е.А., доцент, к.т.н  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

2. Консультант раздела Кокиаров В.А., профессор, д.э.н.  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

Кафедра, ведущая специальный раздел «Экономика транспорта»

3. Исходные данные получены по месту прохождения практики

4. Срок сдачи обучающимся законченного раздела 04.06.2022

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов) Расчет  
капитальных затрат на реализацию проекта, Расчет фонда заработной платы, Расчет  
эксплуатационных расходов на обслуживание ВОЛС, Расчет приведенных затрат на  
обслуживание ВОЛС, Выводы по разделу

6. Название демонстративно-графического материала Расчет капитальных вложений

7. Дата выдачи задания 24.04.2022 Консультант Кокиаров В.А./  
(подпись)

Согласовано: 24.04.2022 Русакова Е.А./  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 24.04.2022 Мохова Т.А./  
(дата и подпись обучающегося)

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  
Специализация «Телекоммуникационные системы и сети на железнодорожном  
транспорте»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Черезов Г.А.

«14» июня 2022г.

Задание  
на специальный раздел ВКР

Обучающийся Мохова Татьяна Александровна Группа СОТ-517  
(Фамилия, Имя, Отчество)

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

1. Тема ВКР Организация передачи информации по квантовым каналам связи на участке  
Челябинск-Екатеринбург  
(Название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «04» марта 2022 г. №364-со  
Выпускающая кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном  
транспорте»

Руководитель ВКР Русакова Е.А., доцент, к.т.н  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

2. Консультант раздела Яценко А.С., доцент, к.м.н.  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

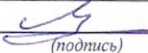
Кафедра, ведущая специальный раздел «Техносферная безопасность»

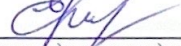
3. Исходные данные получены по месту прохождения практики


4. Срок сдачи обучающимся законченного раздела 04.06.2022

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)  
Актуальность задачи, Нормативные требования к средствам охраны труда, Разработка  
конструктивных решений, Экспертиза технологического процесса, Выводы по разделу

6. Название демонстративно-графического материала Обеспечение безопасности при  
работе с оптическим излучением

7. Дата выдачи задания 24.04.2022 Консультант  /Яценко А.С./  
(подпись)

Согласовано: 24.04.2022  /Русакова Е.А./  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 24.04.2022  /Мохова Т.А./  
(дата и подпись обучающегося)



## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 81 страницу, 16 рисунков, 16 таблиц, 22 источника и 4 приложения.

### **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ, КВАНТОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ, ШИФРОВАНИЕ, ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ, ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ, ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ, КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ.**

Целью дипломного проекта является повышение защищенности информации при передаче по волоконно-оптическим линиям связи.

В ходе выполнения работы проанализирована существующая волоконно-оптическая линия на участке Челябинск-Екатеринбург, произведён анализ технических требований проекта для организации передачи информации по квантовым каналам связи, сделаны выводы и предложены решения модернизации. Произведён выбор оборудования для реализации проекта согласно техническим требованиям, произведён расчёт длины регенерационного участка, выполнен расчёт капитальных вложений. Рассмотрен вопрос обеспечения безопасности при работе с оптическим излучением, предложены конструктивные решения по улучшению условий работы.

В результате разработана сеть передачи информации по квантовым каналам связи, необходимая для интеграции в существующие и создаваемые проекты.

					<b>23.05.05.01.ПД.СОт517.01.ПЗ</b>			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Организация передачи информации по квантовым каналам связи на участке Челябинск-Екатеринбург	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Мохова Т.А.		09.06.22		У	6	89
Пров.		Русакова Е.А.		09.06.22				
Н. Контр.		Русакова Е.А.		10.06.22				
Утв		Черезов Г.А.		14.06.22				
						УрГУПС, кафедра «АТС на ж.-д. тр-ге»		

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 Актуальность темы проекта.....	11
1.1 Принципы передачи по квантовым каналам связи.....	11
1.2 Преимущества квантовой передачи.....	14
1.3 Обоснование необходимости проектирования.....	15
1.4 Назначение и требования к проектируемой сети.....	16
Выводы по главе 1.....	17
2 Характеристика участка железной дороги.....	19
2.1 Географо-экономическая характеристика участка железной дороги.....	19
2.2 Анализ существующей схемы организации связи.....	21
Выводы по главе 2.....	26
3 Технический проект передачи информации по квантовым каналам связи на участке железной дороги.....	27
3.1 Выбор оборудования квантовой передачи.....	27
3.1.1 Терминал QKD.....	28
3.1.2 Оборудование жизнеобеспечения.....	37
3.1.3 Регламентное обслуживание.....	45
3.2 Разработка схемы распределения волокон в кабеле.....	48
3.3 Расчет параметров линейного тракта.....	49
3.4 Разработка схемы организации связи с использованием квантовых каналов передачи.....	55
3.5 Расчет параметров надежности спроектированной сети.....	55
Выводы по главе 3.....	59
4 Расчет капитальных вложений на организацию квантовых каналов связи.....	60
4.1 Расчет капитальных затрат на реализацию проекта.....	61
4.2 Расчет фонда заработной платы.....	62

4.3	Расчёт эксплуатационных расходов на обслуживание ВОЛС .....	63
4.4	Расчёт приведённых затрат на обслуживание ВОЛС .....	65
	Выводы по разделу.....	66
5	Обеспечение безопасности при работе с оптическим излучением .....	67
5.1.	Актуальность задачи.....	67
5.2	Нормативные требования к средствам охраны труда.....	69
5.3	Разработка конструктивных решений .....	70
5.4	Экспертиза технологического процесса.....	75
	Выводы по разделу.....	76
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	78
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	79
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b> – Схема работы протокола ВВ84.....	82
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б</b> – Существующая схема организации связи .....	83
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В</b> – Модернизированная схема организации связи .....	86
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г</b> – Обеспечение безопасности при работе с оптическим излучением.....	89



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

**ОТЗЫВ**

На выпускную квалификационную работу обучающегося  
**Моховой Татьяны Александровны**  
Факультета электротехнического; группы: СОт-517  
Специальности 23.05.05. Системы обеспечения движения поездов, специализация «Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта»  
На тему: **Организация передачи информации по квантовым каналам связи на участке Челябинск - Екатеринбург.**

Дипломный проект написан на актуальную тему. Актуальность темы проекта обусловлена необходимостью предотвращения возможных утечек информации и несанкционированного доступа к стратегически важным данным ОАО РЖД.

В дипломном проекте произведены все необходимые расчеты, произведен выбор оборудования квантового распределения ключей и разработана схема организации связи с использованием квантовых технологий.

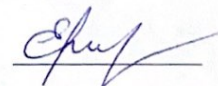
Проект выполнен технически грамотно, в срок. Все поставленные задачи решены. Стиль изложения последовательный и логичный. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями к оформлению дипломных проектов.

В ходе работы над дипломным проектом Татьяна Александровна проявила самостоятельность, высокую работоспособность и зарекомендовала себя грамотным специалистом, способным решать инженерные задачи.

Считаю, что дипломный проект выполнен на хорошем техническом уровне и заслуживает оценки «отлично».

Руководитель к.т.н., доцент Русакова Елена Александровна

6.06.2022





## РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу (ВКР)

по теме: «**Организация передачи информации по квантовым каналам связи на участке Челябинск-Екатеринбург**»

обучающегося **Моховой Татьяны Александровны, СОТ-517**

ВКР объемом 86 страниц, содержит таблиц 15, иллюстраций 13, источников 25, приложений 4.

**Посвящена теме:** значительного повышения защищённости каналов передачи информации.

### Основные результаты:

В ходе выполнения работы рассмотрены основные особенности проектирования квантового канала передачи информации на базе волконно-оптического кабеля. Произведен сравнительный анализ оборудования разных производителей для надежной и качественной работы системы. Разработаны технические решения и сформирован комплект оборудования для внедрения проекта на участке железной дороги Челябинск-Екатеринбург.

Произведен расчет длины регенерационного участка.

Сформированы капитальные затраты на внедрение проекта на участке, и определены основные эксплуатационные расходы по обслуживанию системы.

Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности при работе с оптическим излучением.

Выпускная квалификационная работа выполнена в соответствии с заданием, качественно, в полном соответствии с требованиями стандарта СТО УРГУПС 2.3.5-2016.

Принятые решения соответствуют типовым техническим решениям и при дальнейшей детальной проработке, могут найти практическое применение при разработке проекта квантовой коммуникации на участке Челябинск-Екатеринбург.

Сделанные в ВКР выводы соответствуют принятым техническим решениям и возможностям примененного оборудования.

### Недостатки ВКР:

Существенных недостатков не выявлено.

Изложенное позволяет считать, что рецензируемая ВКР заслуживает оценку «ОТЛИЧНО».

Дата 17.06.2022

Рецензент Иванов Е.В.

подпись

