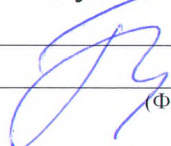


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

Факультет Электротехнический

Кафедра Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте

Допускается к защите:  
заведующий кафедрой

  
\_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись, дата) 14.06.21

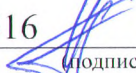
**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

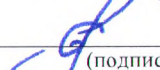
Тема: «Проектирование волоконно-оптической линии связи на участке  
Е-Ш в рамках реализации проекта «квантовой коммуникации».

(пояснительная записка)


23.05.05.01.ПД.СОт516.01.ПЗ

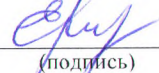
(обозначение документа)

Разработал обучающийся СОт-516  04.06.2021 Патрушев И.А.  
(обучающийся) (группа) (подпись) (дата)

Руководитель доцент  07.06.2021 Гостева С.Н.  
(должность, звание) (подпись) (дата)

Консультант доцент, к.э.н.  27.05.2021 Лисенко О.А.  
(должность, звание) (подпись) (дата)

доцент, к.м.н.  11.05.2021 Яценко А.С.  
(должность, звание) (подпись) (дата)

Н.контролер доцент, к.т.н.  09.06.2021 Русакова Е.А.  
(должность, звание) (подпись) (дата)

Екатеринбург  
2021

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



«14» 06 2021 г.

### Задание

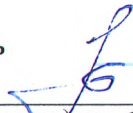
на выпускную квалификационную работу обучающемуся  
Патрушеву Ивану Андреевичу  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема ВКР Проектирование волоконно–оптической линии связи на участке Е–III в рамках реализации проекта «квантовой коммуникации» утверждена приказом по университету от «25» марта 2021г. № 433–со
2. Срок сдачи обучающимся законченной ВКР «9» июня 2021 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 проекта; Разработка требований к проектируемой системе; Выбор оборудования; Разработка схемы организации связи на базе оборудования квантового распределения ключей; Анализ экономического эффекта; Эргономика рабочего места монтажа ВОЛС.
5. Перечень демонстрационно–графического материала: Задачи и цели дипломного проекта; квантовое шифрование; Квантовое шифрование; Проект квантовой коммуникации; Характеристика технических возможностей участка Е–III; Терминал QKD; Системы жизнеобеспечения; Оборудование волоконно–оптической линии связи; Волоконно–оптический кабель; Расчёт регенерационного участка; Схема реализации проекта; Расчет капитальных вложений на реализацию проекта «квантовой коммуникации»; Эргономика рабочего места монтажа ВОЛС; Заключение.

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН–ГРАФИК


№ п./п.	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов ВКР	Примечание
1	Изучение научно–технической литературы сбор информации о рассматриваемом участке	24.03.20–31.03.21	20%
2	Изучение участка	01.04.20–08.04.21	15%
3	Изучение основ квантовой связи	09.04.20–22.04.21	15%
4	Разработка технических решений	23.04.20–30.04.21	15%
5	Расчёт регенерационного участка	1.05.20–10.05.21	15%
6	Расчёт надёжности ВОЛС	11.05.20–18.05.21	5%
7	Разработка раздела «Безопасность жизнедеятельности»	19.05.20–25.05.21	5%
8	Технико–экономический расчёт капитальных вложений	26.05.20–1.06.21	5%
9	Оформление пояснительной записки	02.06.20–03.06.21	5%

Дата выдачи задания, руководитель  
23.03.2021 г.

  
(дата, подпись, ФИО)

/Гостева С.Н. /

Задание принял к исполнению обучающийся  
23.03.2021 г.

  
(дата, подпись, ФИО)

/Патрушев И.А. /

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

« 14 » 06 2021 г.

Задание  
на специальный раздел ВКР

Обучающийся Патрушев Иван Андреевич Группа СОм-516  
*(Фамилия, Имя, Отчество)*

Расчет капитальных вложений на реализацию проекта  
*(название специального раздела)*

1. Тема ВКР Проектирование волоконно-оптической линии связи в рамках реализации проекта «квантовой коммуникации»  
*(название темы ВКР)*

Утверждена приказом по университету от «25» марта 2021г. № 433-со

Выпускающая кафедра Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. транспорте  
Руководитель ВКР Гостева С.Н., доцент  
*(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)*

2. Консультант раздела Лисенко О.А., доцент, к.э.н.  
*(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)*

Кафедра, ведущая специальный раздел Экономика транспорта

3. Исходные данные Локальный сметный расчёт на реализацию проекта «квантовой коммуникации»

4. Срок сдачи обучающимся законченного раздела «04» июня 2021г.

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)  
Общая характеристика проектируемого объекта с экономической точки зрения; Определение капитальных вложений на оборудование; Расчет амортизационных отчислений; Расчет фонда заработной платы работников; Расчет отчислений на социальные нужды; Расчет накладных расходов.

6. Название демонстрационно-графического(их) материала(ов) Расчет капитальных вложений на реализацию проекта «квантовой коммуникации»

7. Дата выдачи задания: 16.04.2021 Консультант Лисенко О.А./  
*(подпись)*

Согласовано: 27.04.21 Гостева С.Н./  
*(дата и подпись руководителя ВКР)*

Принято к исполнению 27.04.21 Патрушев И.А./  
*(дата и подпись обучающегося)*

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой



« 17 » 08 2021 г.

Задание  
на специальный раздел ВКР

Обучающийся Патрушев Иван Андреевич Группа СОм-516  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Эргономика рабочего места монтажника ВОЛС  
(название специального раздела)

1. Тема ВКР Проектирование волоконно-оптической линии связи в рамках реализации проекта «квантовой коммуникации»  
(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «25» марта 2021г. № 433-со

Выпускающая кафедра Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. транспорте  
Руководитель ВКР Гостева С.Н., доцент  
(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 Безопасность жизнедеятельности; Методические указания к выполнению выпускной квалификационной работы; Приказ Минтруда России № 903н от 15.12.2020г.

4. Срок сдачи обучающимся законченного раздела «04» июня 2021г.

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов) Актуальность задачи, Нормативные требования, Графическая часть, Разработка конструктивных решений; Экспертиза дипломного проекта; Вывод по разделу.

6. Название демонстрационно-графического(их) материала(ов) Защитные очки; Защитный халат; Защитные перчатки.

7. Дата выдачи задания: 16.04.2021 Консультант Яценко А.С./  
(подпись)

Согласовано: 27.04.21 /Гостева С.Н./  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 27.04.21 /Патрушев И.А./  
(дата и подпись обучающегося)

## РЕФЕРАТ





Дипломный проект содержит: 92 страницы, 26 рисунков, 18 таблиц, 23 источника и 1 приложение.

### **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ, КВАНТОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ, КВАНТОВАЯ ЗАПУТАННОСТЬ, ВОЛОКОННО–ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ, КУБИТ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ, КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ.**

Цель работы – проектирование волоконно–оптической линии связи для реализации проекта «квантовой связи».

В ходе выполнения работы проанализирована существующая волоконно–оптическая линия на участке Е–Ш, произведён анализ технических требований проекта «квантовой коммуникации», сделаны выводы, рассмотрена существующая инфраструктура, предложены решения модернизации, произведён выбор кабеля и оборудования для реализации проекта, согласно техническим требованиям, произведён расчёт регенерационного участка для выбранного кабеля и оборудования квантового распределения ключей, выполнен расчет капитальных вложений для реализации проекта «Квантовой Коммуникации», предложен вариант получения дохода, рассмотрен вопрос эргономики рабочего места монтажника ВОЛС, предложены конструктивные решения по улучшению условий работы.

В результате разработана волоконно–оптическая линия связи для реализации проекта «Квантовые Коммуникации», необходимая для внедрения критически–важных проектов.

					23.05.05.01.ПД.СОт516.01.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование ВОЛС на участке Е–Ш в рамках реализации проекта "квантовой коммутации»	Лит.	Лист	Листов
		Патрушев И.А.		08.06.21				
		Гостева С.Н.		08.06.21			6	92
		Русакова Е.А.		08.06.21		УрГУПС, ЭТФ, кафедра АТ и С		
		Черезов Г.А.		08.06.21				

# СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ .....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 Актуальность проекта.....	11
1.1 Теория квантовой связи и шифрование .....	11
1.2 Характеристика участка .....	15
1.3 Обоснование необходимости реализации проекта.....	19
2 Разработка требований к проектируемой системе .....	21
2.1 Описание проекта.....	21
2.2 Требования проекта .....	21
2.3 Технические требования к монтажу и выбор кабеля .....	22
2.4 Требование к оборудованию квантового распределения ключей .....	25
2.5 Технические требования к вспомогательным системам.....	25
3 Выбор оборудования.....	27
3.1 терминал QKD .....	27
3.2 Обоснование выбора окончного оборудования .....	35
3.3 Оборудование жизнеобеспечения .....	37
3.4 Выбор волоконно–оптического кабеля.....	48
3.5 Выбор оптического кросса и муфты .....	57
4 Разработка схемы организации связи на базе оборудования QKD.....	64
4.1 Расчёт параметров линейного тракта.....	64
4.2 Размещение оборудования на участке .....	70
4.3 Расчёт надёжности, проектируемой ВОЛС .....	71
5 Анализ экономического эффекта .....	75

5.1 Капитальные вложения на реализацию проекта «квантовая связь».....	75
5.2 Расчёт фонда заработной платы .....	76
5.3 Расчёт эксплуатационных расходов на обслуживание ВОЛС .....	77
5.4 Расчёт приведённых затрат обслуживания ВОЛС .....	79
5.5 Расчёт дохода от сдачи свободных ОВ в аренду .....	79
6 Эргономика рабочего места монтажа ВОЛС .....	81
6.1 Актуальность задачи.....	81
6.2 Нормативные требования к организации рабочего места .....	81
6.3 Разработка конструктивных решений.....	84
6.4 Графическая часть.....	85
6.5 Экспертиза дипломного проекта .....	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	88
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	89
ПРИЛОЖЕНИЕ А - Схема квантового протокола BB84.....	92



**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

**Патрушева Ивана Андреевича**

Факультета: ЭТФ

Направление подготовки (специальности): 23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов».

**По теме «Проектирование волоконно-оптической линии связи на участке Е-Ш в рамках реализации проекта "Квантовой коммуникации»**

Дипломная работа Патрушева Ивана Андреевича выполнена на актуальную тему, поскольку проект «Квантовые коммуникации» является одним из трендов развития цифровой железной дороги.

Иваном Андреевичем обработано достаточное количество методической и нормативной литературы. Собранный материал позволил рассмотреть на высоком теоретическом уровне теорию квантовой связи и шифрование, осуществить выбор волоконно-оптического кабеля, оптического кросса и муфты.

В процессе разработки проекта Иваном Андреевичем изучены правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, стандарты по пожарной и электробезопасности, в результате чего, осуществлен выбор оборудования жизнеобеспечения – систем кондиционирования, бесперебойного питания, автоматического газового пожаротушения.

В экономической части рассчитаны капитальные вложения на реализацию проекта и потенциальные доходы. Согласно полученным

расчетам требуются высокие капитальные вложения, которые окупятся либо через большой промежуток времени, либо при постоянной сдаче всех волокон в аренду. Но, несмотря на это, считаю проект рентабельным, поскольку «Квантовая связь» - шаг вперед в развитии и конкурентоспособности.

Дипломный проект Патрушева Ивана Андреевича отвечает квалификационным требованиям, обладает новизной, имеет несомненную практическую значимость для повышения эффективности работы, заслуживает оценки «отлично», а ее автор достоин присвоения квалификации «инженер».

Руководитель проекта \_\_\_\_\_

Доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», начальник производственно-технического отдела Свердловского регионального центра связи Гостева С.Н.

## РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу (ВКР)

по теме: **Проектирование волоконно-оптической линии связи на участке Е-Ш в рамках реализации проекта «квантовой коммуникации».**

обучающегося **Патрушева Ивана Андреевича** СОт-516

ВКР объемом **92** страницы, содержит таблиц **18**, иллюстраций **26**, источников **20**, приложений **1**

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

### Основные результаты:

В пояснительной записке рассмотрены основные особенности проектирования волоконно-оптической линии связи для реализации проекта «квантовой связи». Разработаны технические решения и сформирован комплект оборудования для внедрения проекта на участке Е - Ш Свердловской железной дороги.

В дипломном проекте, произведен расчет регенерационных участков.

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

Также в выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы по эргономике рабочего места монтажника ВОЛС.

Новизна и оригинальность идей, положенных в основу ВКР, а также методы его выполнения:

Принятые решения соответствуют типовым техническим решениям и при дальнейшей детальной проработке, могут найти практическое применение при разработке проекта квантовой коммуникации на участке Е-Ш Свердловской железной дороги после проведенной реконструкции первичных сетей участка.

Анализ обоснованности выводов и предложений:

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

Качество оформления:

ВКР оформлена в соответствии с требованиями стандарта СТО УрГУПС 2.3.5-2016.

Недостатки ВКР:

Существенных недостатков при принятии технических решений не выявлено.

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

Дата

Рецензент: начальник лаборатории **Иванов Е.В.**

ПОДПИСЬ

