

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 ж.д. транспорте»

Ласынов Д. В.

**Организация систем передачи на основе волоконно-оптических  
линий связи на участке Миасс-Учалы с организацией резервиро-  
вания**

Дипломный проект

Екатеринбург  
2016

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Уральский государственный университет путей сообщения»

Факультет электротехнический Кафедра «Автоматика, телемеханика  
Специальность 23.05.05 «Системы и связь на ж.-д. транспорте  
обеспечения движения  
поездов» Допускается к защите:  
Специализация «Телекоммуникационные зав. кафедрой Коваленко В.Н.  
системы и сети ж.-д. доцент, канд. техн. наук  
транспорта 16.06.16  
(подпись, дата)

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема: Организация систем передачи на основе волоконно-оптических линий  
связи на участке Миасс-Учалы с организацией резервирования

(пояснительная записка)

23.05.05 021.ПД.08.00.01.ПЗ

(обозначение документа)

Разработал студент СОТ-511 6.05.16 Ласынов Д.В.  
(студент-дипломник) (группа) (подпись) (дата)

Руководитель доцент, к.т.н. 12.05.16 Русакова Е.А.  
(должность, звание) (подпись) (дата)

Консультант к.м.н. 10.04.16 Яценко А.С.  
(должность, звание) (подпись) (дата)

доцент 10.05.16 Мезенова Н. Е.  
(должность, звание) (подпись) (дата)

Нормоконтроллер профессор, к.т.н. 16.05.16 Мухамедзянов М.С.  
(должность, звание) (подпись) (дата)

Рецензент ЗРИС 16.05.16 Киселев Е.В.  
(должность, звание) (подпись) (дата)

Екатеринбург

2016

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»  
Специализация «Телекоммуникационные системы и сети ж.д. транспорта»

Утверждаю  
зав. кафедрой: Коваленко В.Н.  
доцент, к.т.н.  
В.Н. Коваленко 25.03.16г.  
(подпись, дата)

### Задание

На дипломный проект студенту-дипломнику

Ласынову Денису Владиславовичу

1. Тема проекта Организация систем передачи на основе волоконно-оптических линий связи на участке Миасс-Учалы с организацией резервирования

Утверждена приказом по университету от «25» марта 2016г. № 385-со

2. Срок сдачи студентом законченного проекта 12 мая 2016 г.

3. Исходные данные к проекту Задание дипломного проекта, нормативно-справочная литература, техническое описание аппаратуры, интернет, материалы инженерно-технических изысканий

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (см. календарный план)

5. Перечень графического материала

1. Цель и Задачи проекта; 2. Схема трассы прокладки оптического кабеля; 3. Основные технические характеристики кабеля ИКА-М6П-А36-27.0; 4. Выбор топологии сети SDH; 5. Выбор аппаратуры систем передачи; 6. Структурная схема ВОСП на участке Миасс –Учалы; 7. Схема организации связи на участке Миасс –Учалы; 8. Основные измерительные приборы; 9. Техничко-экономическая эффективность проекта; 10. Заключение.

6. Консультанты по проекту

| Раздел                            | Консультант   | Подпись, дата            |                          |
|-----------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
|                                   |               | задание выдал            | задание принял           |
| 1. Деталь проекта                 | Русакова Е.А. | 20.03.16 <i>Е.А. Ру</i>  | 12.05.16 <i>Е.А. Ру</i>  |
| 2. Экономический                  | Мезенова Н.Е. | 05.04.16 <i>Н.Е. Мез</i> | 10.05.16 <i>Н.Е. Мез</i> |
| 3. Безопасность жизнедеятельности | Яценко А.С.   | 15.03.16 <i>А.С. Яц</i>  | 30.04.16 <i>А.С. Яц</i>  |

7. Дата выдачи задания 20.03.2016

Руководитель \_\_\_\_\_

*Е.А. Ру*  
(подпись)

Русакова Е.А.

Задание принял к исполнению студент-дипломник \_\_\_\_\_

*Д.В. Лас*  
(подпись)

Ласынов Д.В.

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| № п/п | Наименование этапов дипломного проекта      | Срок выполнения этапов проекта | Примечание |
|-------|---|--------------------------------|------------|
| 1.    | Сбор и изучение материала                   | 14.03-24.03                    | 5%         |
| 2.    | Общие принципы построения ВОСП              | 03.04-05.04                    | 5%         |
| 3.    | Характеристика объекта проектирования       | 06.04-09.04                    | 10%        |
| 4.    | Выбор топологии сети SDH                    | 10.04-13.04                    | 10%        |
| 5.    | Характеристика используемой аппаратуры      | 14.04-16.04                    | 10%        |
| 6.    | Проектирование линейной части ВОСП          | 17.04-18.04                    | 10%        |
| 7.    | Расчет надёжности разработанной схемы связи | 19.04-20.04                    | 10%        |
| 8.    | Разработка экономической части и части БЖД  | 21.04-22.04                    | 10%        |
| 9.    | Заключение                                  | 23.04-24.04                    | 10%        |
| 10.   | Оформление пояснительной записки            | 25.04-26.04                    | 10%        |
| 11.   | Оформление графического материала           | 27.04-28.04                    | 10%        |
|       |   | 10.05.2016                     | 100%       |

Студент-дипломник: \_\_\_\_\_

Ласынов Д.В.

Руководитель проекта: \_\_\_\_\_

*Е.А. Ру*  
(подпись)

Русакова Е.А.

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

УТВЕРЖДАЮ:

зав. кафедрой:

Коваленко В.Н.

доцент, канд. техн. наук.

*Можн 25.03.16г.*

(подпись, дата)

**Задание**  
**на специальный раздел дипломного проекта**

Студент Ласынов Денис Владиславович Группа СОТ-511  
(Фамилия, Имя, Отчество)

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

(название специального раздела)

1. Тема Организация систем передачи на основе волоконно-оптических линий связи на  
участке Миасс-Учалы с организацией резервирования  
(название темы ДП)

Утверждена приказом по университету от «25» марта 2016 № 385-со

Выпускающая кафедра Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном  
транспорте

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

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

Кафедра, ведущая специальный раздел Техносферная безопасность

3. Исходные данные получены по месту практики

4. Срок сдачи студентом законченного раздела 12 мая 2016 г.

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

Электромагнитное поле и средства защиты от него.

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

Указание мер безопасности при обслуживании элементов ВОЛС;

Техника безопасности при эксплуатации электронного оборудования;

Производственное освещение.

7. Дата выдачи задания 25.03.16 Консультант *У*  
(подпись)

Согласовано: 25.03.16 *Ласынов*  
(дата и подпись руководителя ДП)

Принято к исполнению 25.03.16 *Ласынов*  
(дата и подпись студента-дипломника)

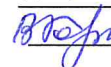
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный университет путей сообщения»

УТВЕРЖДАЮ:

зав. кафедрой:

Коваленко В.Н.

доцент, канд. техн. наук.

 25.03.16г

(подпись, дата)

**Задание**  
**на специальный раздел дипломного проекта**

Студент Ласынов Денис Владиславович Группа СОТ-511  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Технико-экономическое обоснование эффективности новой техники, технологий  
устройств автоматики, телемеханики и связи  
(название специального раздела)

1. Тема Организация систем передачи на основе волоконно-оптических линий связи на  
участке Миасс-Учалы с организацией резервирования  
(название темы ДП)

Утверждена приказом по университету от «25» марта 2016 г. № 385-со  
Выпускающая кафедра Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном  
транспорте

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

2. Консультант раздела Мезенова Н.Е., доцент

Кафедра, ведущая специальный раздел Экономика транспорта

3. Исходные данные получены по месту практики


4. Срок сдачи студентом законченного раздела 12 мая 2016 г.


5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

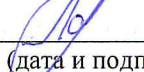
Технико-Экономическая эффективность организации систем передачи на основе ВОЛС  
на участке Миасс-Учалы с организацией резервирования.

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

Технико-Экономическая эффективность организации систем передачи на основе ВОЛС  
на участке Миасс-Учалы с организацией резервирования.

7. Дата выдачи задания 05.04.16г Консультант   
(подпись)

Согласовано: 05.04.16   
(дата и подпись руководителя ДП)

Принято к исполнению 05.04.16   
(дата и подпись студента-дипломника)

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 137 страниц текста, 15 рисунков, 22 таблицы и список использованных литературных источников из 31 наименований.

**ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ, ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ НА УЧАСТКЕ МИАСС-УЧАЛЫ С ОРГАНИЗАЦИЕЙ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ.**

Цель данной дипломной работы заключается в разработке проекта строительства волоконно – оптической системы передачи на участке Миасс – Учалы Южно-Уральской железной дороги, для обеспечения оперативного управления перевозочным процессом, в условиях увеличивающегося объема грузоперевозок, а также удовлетворения растущих потребностей в высококачественных каналах связи на указанном участке.

23.05.05 021.ПД.08.00.00.ПЗ

| Изм.      | Лист | № докум.         | Подпись                 | Дата     |  |                           |      |        |
|-----------|------|------------------|-------------------------|----------|--|---------------------------|------|--------|
| Разраб.   |      | Ласынов Д.В.     | <i>Ласынов Д.В.</i>     |          | Организация систем передачи на<br>основе волоконно-оптических<br>линий связи на участке Миасс-<br>Учалы с организацией<br>резервирования | Лит.                      | Лист | Листов |
| Провер.   |      | Русакова Е.А.    | <i>Русакова Е.А.</i>    | 23.05.16 |  |                           | 6    | 137    |
| Н. Контр. |      | Мухамедзянов М.С | <i>Мухамедзянов М.С</i> |          |  | УрГУПС,<br>кафедра АТ и С |      |        |
| Утверд.   |      | Коваленко В. Н.  | <i>Коваленко В.Н.</i>   | 15.05.16 |  |                           |      |        |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 8  |
| 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ВОЛОКОННО -<br>ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ.....                             | 11 |
| 1.1 Классификация волоконно-оптических систем передачи.....   | 11 |
| 1.2 Способы уплотнения оптических кабелей.....  | 14 |
| 1.3 Методы резервирования ВОСП.....   | 22 |
| 1.4 Достоинства ВОСП.....   | 25 |
| 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....   | 28 |
| 2.1 Географическо-экономический анализ объекта<br>проектирования.....                                   | 28 |
| 2.2 Существующая схема организации связи  | 33 |
| 2.3 Характеристика применяемой аппаратуры   | 35 |
| 2.4 Обоснование необходимости организации систем передачи на<br>основе ВОЛС на участке Миасс-Учалы..... | 37 |
| 3 ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ<br>ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ.....                              | 41 |
| 3.1 Выбор топологии сети SDH.....   | 41 |
| 3.2 Выбор аппаратуры систем передачи.....   | 44 |
| 3.3 Разработка схемы организации связи на участке Миасс – Учалы.  | 55 |
| 3.4 Проектирование линейной части ВОСП.....   | 59 |
| 3.4.1 Выбор способа прокладки ВОК.....  | 59 |
| 3.4.2 Выбор марки и емкости ВОК.....  | 60 |
| 3.4.3 Расчет первичных параметров оптического волокна.....  | 62 |
| 3.4.4 Расчет вторичных параметров оптического волокна.....  | 64 |
| 3.4.6 Расчет быстродействия ВОСП.....   | 68 |



|   |     |
|---|-----|
| 3.4.6 Расчет порога чувствительности ПРОМ.....                              | 69  |
| 3.4.7 Расчет длины регенерационного участка.....                            | 71  |
| 3.4.8 Расчет распределения энергетического потенциала.....                  | 75  |
| 3.4.9 Расчет механических параметров кабеля.....                            | 86  |
| 3.4.10 Разработка трассы прокладки ВОК.....                                 | 88  |
| 3.5 Организация резервирования ВОСП.....                                    | 91  |
| 3.6 Расчет надежности ВОСП.....   | 91  |
| 4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.....   | 98  |
| 4.1 Расчет капитальных вложений.....  | 99  |
| 4.2 Расчет численности производственного штата участка сети SDH.            | 101 |
| 4.3 Расчет затрат на эксплуатацию участка сети SDH.....                     | 106 |
| 4.4 Расчет доходов от предоставления услуг.....                             | 109 |
| 4.5 Оценка эффективности проектирования.....                                | 112 |
| 4.6 Оценка эффективности инвестиционных проектов                            | 113 |
| 5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ<br>БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....        | 118 |
| 5.1 Экологичность проекта.....  | 118 |
| 5.2 Указание мер безопасности при обслуживании элементов ВОЛС.              | 120 |
| 5.3 Правила безопасности при работе с оборудованием SDH.....                | 123 |
| 5.4 Техника безопасности при эксплуатации электронного<br>оборудования..... | 124 |
| 5.5 Пожарная безопасность.....  | 128 |
| 5.6 Производственное освещение  | 129 |
| 5.7 Производственный микроклимат  | 131 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....   | 133 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....  | 135 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А.....   | 138 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....   | 140 |

## ОТЗЫВ

на дипломный проект Ласынова Дениса Владиславовича  
«Организация систем передачи на основе волоконно-оптических линий  
связи на участке Миасс-Учалы с организацией резервирования»

Дипломный проект написан на актуальную тему. Актуальность темы обусловлена возрастающими требованиями к качеству передачи информации и пропускной способности систем передачи.

В дипломном проекте проведен обзор волоконно-оптических систем передачи и методов резервирования, произведен выбор оборудования и кабеля, рассчитаны параметры линейного тракта, разработана схема организации связи и размещения оборудования на участке железной дороги, а также рассмотрены вопросы организации строительных работ. Хочется отметить глубину проработки всех поставленных задач.

Проект выполнен технически грамотно. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями к оформлению дипломных проектов. В ходе проектирования Денис Владиславович проявил самостоятельность, творческий подход к решению поставленных задач, высокую работоспособность и зарекомендовал себя грамотным специалистом.

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «отлично».

Руководитель проекта к.т.н,  
доцент кафедры  
«Автоматика, телемеханика  
и связь на ж.д транспорте»  
24.05.16



Русакова Е.А.

## РЕЦЕНЗИЯ

Тип ВКР \_\_\_\_\_ Дипломная работа \_\_\_\_\_

Студента(ки) \_\_\_\_\_ Ласынов Денис Владиславович \_\_\_\_\_

Специальность/  
направление \_\_\_\_\_ *Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте* \_\_\_\_\_

Тема ВКР \_\_\_\_\_ *Организация системы передачи на основе волоконно – оптических линий связи на участке Миасс – Учалы с организацией резервирования* \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

Ученая степень, звание \_\_\_\_\_

Место работы  
(должность) \_\_\_\_\_

### АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

*Построение волоконно – оптических систем передачи на данный момент является одной из наиболее актуальных задач в сфере построения транспортных сетей. Особенно это актуально в случае реконструкции существующих сетей, построенных на основе устаревшей аналоговой аппаратуры, в целях повышения их пропускной способности, на фоне увеличивающегося грузооборота на Южно – Уральской железной дороге. Все это говорит о несомненной актуальности данной работы.*

### ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РАБОТЫ

*(Структура, логика и стиль изложения представленного материала, глубина и степень проработки материала, обоснованность изложенных выводов, использование математического аппарата, использование средств вычислительной техники, макетирование, моделирование, экспериментирование)*

*В данной работе приведен анализ современных подходов к построению волоконно – оптических систем передачи, с использованием различных технологий, дан обзор этих технологий, при этом, особое внимание уделено системам SDH иерархии. Рассмотрены вопросы резервирования транспортных сетей. Особое внимание уделяется выбору оборудования для построения надежной и защищенной сети. Произведен расчет параметров волоконно-оптической линии.*

*В качестве вычислительной техники использовалась ЭВМ Intel(R) Core(TM) i5-3230M CPU @ 2.60 GHz \ 2.60 GHz.*

Моделирование, экспериментирование, макетирование в процессе работы над дипломной работой не проводилось.

#### СТЕПЕНЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

*(Полнота раскрытия исследуемой темы, практическая ценность и возможность внедрения)*

Тема дипломной работы раскрыта полностью в соответствии с заданием. Практическая ценность – материалы дипломной работы могут быть использованы при организации транспортной системы передачи, с использованием технологии SDH.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО ПРЕДСТАВЛЕННОЙ РАБОТЕ

*(Степень самостоятельной работы студента; совокупная оценка труда студента и его квалификация)*

В процессе написания дипломной работы студент выполнял работу своевременно и самостоятельно, проявил себя грамотным специалистом, имеющим работать с технической литературой, способным самостоятельно решать инженерные задачи различной степени сложности.

Дипломная работа соответствует требованиям, предъявляемым к ВКР, заслуживает оценки «Отлично», а студенту может быть присвоена квалификация инженера по направлению подготовки «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте».

Рецензент 16.05.2016г.

Подпись



Дата

Кирилов Е.В.

Инициалы Фамилия