



Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет  
Радистехники и связи

Технологии сахарных систем

58021900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

на выполнение дипломного проекта

Гришину Сергею Александровичу

Разрабатывается инновационной бизнес-моделью -  
этичной сетью передачи информации  
с повышенной социальной способностью

Утверждена приказом по Университету № \_\_\_\_\_ от «10»  
октября 2015 г.

Срок сдачи законченного проекта «25» *м.р.* 2016 г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов исследования (проектирования) и исходные данные объекта): каменное  
на участке Каранда - Жукотан краснокирпичная  
черта населенные пункты Харма - Амару - Хайди.  
Исходные: картографический материал, топо-  
графические условия, качество грунта, гидрометеоро-  
логические данные 2008 г. с районом дна -  
сбросы воды 1500 - 1580 мм.

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломном проекте, или краткое содержание дипломного проекта:

Выбор оптимальной архитектуры информационной системы.

Разработка функциональных требований к системе.

Проектирование структуры базы данных.

Разработка алгоритмов обработки информации.

Проектирование интерфейса пользователя.

Разработка тестового плана и проведение тестирования.

Оформление документации по проекту.

Защита диплома.

содержания ВМВ, описание содержимого сдвн;  
механической прочности при вращении СМВ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Станок проточный Карандаш - Металл  
Структурная схема лабораторной  
Описание параметров объективной интерпретации  
оборудования РХТ-16

Рекомендуемая литература:  
Решение задачи. Отт. прот. ВОО-2444

Показатели экологической устойчивости

Основная рекомендуемая литература:  
Смзлов О.К. Современная биология - эволюционные  
механизмы развития. - М.: Голос - Р, 2001.

Будунов М.М. и др. Биология - эволюционные механизмы  
развития. - М.: Наука и Жизнь, 1992.

Биология - эволюционные механизмы развития. Методические  
указания к курсу "Биология труда" Бориса Фролова - М.: РИИП, 2006. - 32 с.

Консультации по проекту с указанием относящихся к ним разделов  
проекта

Раздел	Консультант	Срок и	Подпись
Экспертная оценка	Богданов И.И.	19.05-30.06/16	И.И. Богданов
ВМВ	Богданов И.И.	19.05-25.06/16	И.И. Богданов
Рекомендации	Богданов И.И.	13.06.2016	И.И. Богданов
Богданов И.И.	Богданов И.И.		И.И. Богданов



**График  
подготовки дипломного проекта**

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1) Анализ существующего законодательства на предмет целесообразности изменений	02.03.16.	
2) Правовая характеристика и выбор судебной юрисдикции	21.03.16	
3) Сравнительная характеристика и выбор необходимого вида ответственности	22.03.16	
4) Выбор метода сор и классификации ВОМС	02.04.16	
5) Правовой анализ план	04.04.16	
6) Выбор оборудования	07.04.16	
7) Расчеты затрат на материалы	15.04.16	
8) Расчет длины резки	19.04.16	
9) Расчеты затрат на материалы	30.05.16	
10) Бюджет проекта	25.04.16	
11) Расчеты затрат на материалы		

Дата выдачи задания «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Научный руководитель проекта \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

## **Аннотация**

В моем дипломном проекте рассмотрены вопросы разработки магистральной волоконно-оптической системы передачи информации с повышенной пропускной способностью между городами Караганды и Жезкаган Карагандинской области Казахстана протяженностью 536 километров.

В дипломном проекте рассмотрены компоненты системы WDM, проведен сравнительный анализ, проанализированы параметры и характеристики системы DWDM. Выполнены расчеты затухания WDM, дисперсии.

Также были рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и приведено технико-экономическое обоснование и представлен бизнес – план.

## **Аңдатпа**

Берілген дипломдық жобада Оңтүстік Қазақстан Қарағанды облысының телекоммуникациялық желісінің қазіргі желілері, Караганда - Жезказган учаскесінде ұзындығы 536 км болатын ТОВЖ түбегейлі қаралған.

Бұл дипломдық жобада WDM жүйесінің компоненттері қарастырылып, DWDM жүйесінің сипаттамалары мен параметрлері талданды.

WDM өшулігінің есептеулері жүргізіліп, сондай-ақ, өміртіршілік қауіпсіздігінің мәселелері қарастырылған және технико-экономикалық негіздеме келтірілген және бизнес-жоспар ұсынылған.

## **Annotation**

In my thesis project addressed issues of development of main fiber-optic data transmission systems with high bandwidth between Gorod Karaganda region of Kazakhstan Zhezkagan Karagandiyskoy length of 536 kilometers.

The thesis project examined the components of WDM systems, comparative analysis, analyzed the parameters and characteristics of DWDM systems. Submitted attenuation calculations WDM, dispersion.

Health and safety issues were also examined and given a feasibility study and presented the business - plan.

## Содержание

Введение.....	12
1 Теоретическая часть.....	14
1.1 Обоснование необходимости строительства ВОСП между городами Караганда и Жезказган.....	14
1.2 Задание на проектирование:.....	14
1.3 Выбор трассы.....	15
1.4 Обзор и выбор методов повышения пропускной способности магистральной ВОСП .....	17
2 Расчетная часть.....	23
2.1 Расчет необходимого числа каналов и выбор системы передачи.....	23
2.2 Структурная схема ВОСП .....	39
2.3 Расчёт параметров надёжности в программе Mathcad .....	45
3 Организация строительства линии связи и оценка воздействия на окружающую среду.....	48
3.1 Организация строительства ВОЛС.....	48
3.2 Охрана труда при строительстве волоконно-оптической линии связи ....	54
3.3 Оценка воздействия на окружающую среду при строительстве ВОЛС...	58
4 Безопасность жизнедеятельности.....	60
4.1 Анализ условий труда в офисном помещении.....	60
4.2 Расчет систем кондиционирования .....	61
4.3 Наружные тепловые нагрузки.....	61
4.4 Внутренние тепловые нагрузки .....	63
4.5 Расчет теплового баланса помещения.....	64
4.6 Выбор кондиционера .....	64
5 Расчет экономических показателей проектируемой трассы .....	65
5.1 Цели и задачи.....	65
5.2 Расчет численности производственных работников .....	66
5.3 Сроки строительства ВОЛС .....	67
5.4 Общая стоимость Проекта.....	67
5.5. Доходы и экономическая эффективность.....	71
Заключение .....	73
Список литературы .....	75
Приложение А Параметры оптического интерфейса STM-16.....	76
Приложение Б Параметры оптического интерфейса STM-4.....	77
Приложение В Вероятность безотказной работы .....	78
Приложение Г Вычисления в программе Mathcad .....	79

## **Введение**

В Государственной программе «Информационный Казахстан – 2020» отмечено, что стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий становится важным фактором изменения уклада жизни людей.

Актуальной задачей в настоящее время является модернизация всей национальной сети телерадиовещания путем перехода на цифровые технологии.

Несмотря на географическую специфику Казахстана, с его огромными расстояниями, наличием труднодоступных, удаленных районов с малой плотностью населения, в стране быстро распространяются кабельно-спутниковое вещание, прокладываются высокоскоростные волоконно-оптическая магистрали, повсеместно внедряется цифровое вещание, растет количество информационных мультимедиа ресурсов.

В Казахстане услуги связи во всех городах предоставляют около 80 операторов. Главным национальным оператором телекоммуникационной сети республики является АО «Казахтелеком», который имеет лицензию №1 Министерства транспорта и коммуникации РК на право оказания услуг по всем видам связи. АО «Казахтелеком» постоянно ведет работу по подключению новых абонентов к услугам телефонной связи. Так на 1 января 2016 года количество фиксированных линий в составило 3 878 584 ед., в том числе 2 808 439 ед. на городских сетях, 1 070 145 ед. - на сельских. При этом, на 1 января 2016 года плотность телефонов в расчете на 100 жителей составила около 23 номеров, в т.ч. на городских ТС - 30 номеров, на сельских ТС - 14 номеров. По итогам 2015 к услугам Интернет были подключены 4,338 млн. пользователей.

В Казахстане набирают темпы работы по внедрению услуг связи 4G поколения. Новыми системами уже оснащены города Астана и Алматы, все областные центры, а также свыше 550 населенных пунктов в 81 районе. Таким образом, доступ к широкополосной глобальной сети, которая имеет самые высокие показатели скорости - до 120 Мб/сек, может получить каждый житель страны.

Масштабный проект перехода с аналоговых систем связи на цифровые системы телекоммуникаций подходит к концу. А рынок таких услуг, как новый развлекательный сервис «Караоке», и увеличение количества каналов по услуге iD TV Online, активно развивается. Это позволит пользователям, которых уже свыше 300 тыс абонентов, смотреть видео с мобильных устройств, в том числе по сервису SVOD (видео по запросу).

Карагандинская область расположена в самом центре не только страны, но и фактически Евразийского континента. Она является самой крупной по территории областью Казахстана и занимает 15,7 % от всей площади, что составляет 427982 квадратных километра, а по численности населения с 1,3 миллиона жителей занимает пятое место. Экономика Карагандинской области

построена в основном на добыче и обработке полезных ископаемых (угля, железных, медных, марганцевых руд и других).

Динамика современного экономического и социального развития городов, как этой области, так и всей страны, в значительной степени зависит от развития инфраструктуры, наиважнейшей частью которой является связь. Информация также становится важнейшим национальным ресурсом, которую необходимо постоянно качественно совершенствовать, так как она помогает максимально рационально использовать всех остальные виды ресурсов.

С возросшим спросом на услуги связи Internet многократно увеличилась передача информации по международным сетям связи. Появилась острая потребность увеличения пропускной способности каналов связи. Решить эту проблему можно только на основе волоконно-оптических систем связи, а именно, построить новые телекоммуникационные магистрали и расширить локальные вычислительные сети.

В настоящее время оптическое волокно считается самой перспективной и совершенной физической средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния.

Транспортная телекоммуникационная сеть, состоящая из волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) и технологии систем передачи SDH, это современный технический комплекс, в состав которого входят: волоконно-оптический кабель (ВОК), линейные кабельные сооружения, каналобразующее оборудование, единая система контроля и управления, а также системы электропитания, синхронизации и служебной связи, обеспечивающие работу всего комплекса.

В связи с применением нового оборудования систем передачи синхронно-цифровой иерархии (SDH) стали широко использовать современные волоконно-оптические кабели и волоконно-оптические системы передачи (ВОСП). На магистральных и зонах сетях связи и для устройства соединительных линий между АТС разрабатываются. К преимущественным характеристикам ВОСП относятся: почти нулевая зависимость качества передачи от длины ВОЛС; высокая устойчивость к помехам других сетей; параметры каналов стабильны; не ограничена возможность построения цифровой сети связи; а также высокие ТЭП и низкая себестоимость, так как волокно кабеля чаще всего состоит из пучка стеклянных нитей, которые изготавливаются из кварца, то есть на основе песка, которого в Казахстане много.

Целью моего дипломного проекта является разработка волоконно-оптической системы передачи информации с повышенной пропускной способностью между городами Караганда и Жезказган Карагандинской области Казахстана. При этом особое внимание уделено схеме организации связи с применением оптических систем передач, выбору прохождения проектируемой линии трассы, подбору самого практичного метода увеличения пропускной способности, определению типа необходимого оборудования и оптического кабеля, количества необходимого числа каналов в



двух конечных пунктов. В расчетах учтена численность населения не только двух городов, являющимися конечными пунктами, но и населенных пунктов, расположенных вдоль участка магистрали.

Возможность расширения НИСМ на участке «Караганда-Жезказган» и осуществление проекта позволит вывести на новый качественный уровень информационное обслуживание предприятий и отдельных граждан региона.

## **1 Теоретическая часть**

### **1.1 Обоснование необходимости строительства ВОСП между городами Караганда и Жезказган**

Линия связи в направлении Караганда-Жезказган работает по аналоговой системе передачи К-60, которую обеспечивают 60 каналов связи по симметричному кабелю МКС 4-4-1,2. За длительный период эксплуатации линия связи и использованием аналоговой системы передачи между городами Караганда и Жезказган устарела не только морально, но и физически. В последние годы на ней участились аварии. В результате проведения многочисленных ремонтных работ существующая линия связи стала неоднородной и больше не обеспечивает надлежащего качества передачи сигналов и не может обеспечить необходимую пропускную потребность. Кроме того, на уровне районных центров возросла потребность в новых видах телекоммуникаций – ШПД в Internet, IPTV, HDTV. Поэтому было принято решение о строительстве новой волоконно-оптической линии связи с повышенной пропускной способностью.

### **1.2 Задание на проектирование:**

- выбрать наилучший вариант магистральной связи. Дать схему трассы.
- выбрать оптимальный метод повышения пропускной способности.
- определить необходимое число каналов.
- выбрать систему передачи и определить требуемое число ОВ в кабеле.
- рассчитать параметры оптического кабеля.
- рассчитать длину регенерационного участка.
- выполнить схему организации связи на базе выбранной системы передачи.
- произвести технико-экономические расчеты.
- ПОС: дать краткое описание организации строительства, монтажа ВОЛП; охраны окружающей среды; техники безопасности при выполнении СМР.

### 1.3 Выбор трассы

АО «Казахтелеком» в 2008 году завершило строительство комплексного проекта «Национальная информационная волоконно-оптическая линия связи (НИСМ)».

Благодаря вводу в эксплуатацию НИСМ наземные телекоммуникационные инфраструктуры страны получили полную независимость. А потребители услуг связи получили высокое качество телекоммуникационных услуг в большом диапазоне, а также услуг междугородней и международной связи.

На сегодняшний день НИСМ охватывает волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) общей протяженностью более 11 500 километров, которые соединяют между собой административные центры областей и столицы республики Алматы и Астана.

Целью разработки построения супер магистрали было решение многих вопросов, связанных с обеспечением качества и надежности международных и междугородних каналов, учитывая выгодное географическое положение страны, организация цифровой междугородной связи и связи с соседними государствами.

Первой отправной частью НИСМ стала Транс-Азиатско-Европейская волоконно-оптическая линия связи (ТАЕ ВОЛС), на которой казахстанский участок расположен между границами с Китаем и Узбекистаном.

Затем поэтапно были введены в эксплуатацию следующие участки:

Западная ВОЛС «Шымкент – Кызылорда – Актобе – Атырау – граница с Россией» декабрь 2001 года;

— Восточная ВОЛС «Петропавловск – Кокшетау – Астана – Павлодар – Семипалатинск – Усть-Каменогорск – Талдыкорган» – 2004 год;

— Северная ВОЛС «Петропавловск – Костанай – Актобе» – 2005 год;

— Каспийская ВОЛС «Мака́т – Тенгиз – Актау» – 2005 год;

— ВОЛС НИСМ «Алматы – Астана – Караганда» – 2006 год;

— ВОЛС НИСМ «Актобе – Уральск» – 2007 год;

— ВОЛС НИСМ «Уральск – Атырау» – 2008 год.

Возможность расширения НИСМ на участке «Караганда – Жезказган» при рассмотрении картографических материалов для проектирования линии связи Караганда – Жезказган, наиболее оптимальна вдоль обочины автотрассы республиканского значения Павлодар – Кызылорда.



Рисунок 1 – Карагандинская область

Преимуществами этого выбора являются: отсутствие сельскохозяйственных земель, полное отсутствие таких дефектов почвы, как обвалы, промоины и оползни, минимальное количество естественных преград и искусственных преград (рек, карьеров, автомобильных и железных дорог).

Автотрасса между Карагандой и Жезказганом проходит по равнинным участкам местности, где грунты благоприятны для разработки траншей. А близость с автодорогой дает возможность прокладывать кабель механизированным способом - кабелеукладочными машинами.

В населенных пунктах вдоль трассы есть возможность проложить ВОЛП в телефонной канализации, коллекторах и установить промежуточное оборудование НРП на АТС и узлах связи.

Общая протяженность волоконно-оптической линии передачи 536 км. ВОЛП планируется проложить через города и поселки: Караганда – Жарык – Атасу – Жайрем - Жезказган. Протяженность трассы составляет 536 км.

Автотрасса республиканского значения Павлодар- Кызылорда имеет усовершенствованное покрытие. Для сохранности кабеля при дорожных ремонтных работах от обочины дороги до кабельной линии, вполне можно выдержать необходимое расстояние в среднем равное 5 метрам. Проектирование ВОЛС вдоль трассы удобно и при строительстве, и при эксплуатации трассы, так как обеспечивает беспрепятственный доступ к любому участку кабельной магистрали.

На проектируемой линии связи имеются пересечения с автомобильными дорогами, через которые прокладка кабеля осуществляется методом прокола.

На остальных участках прокладывать кабель можно открытым механизированным способом.

Основные характеристики трассы ВОЛС проектируемой магистрали:

- протяженность – 536 км;
- переходы через автодороги – 8;
- грунты - II и III группы;
- $t_{\min}$  расчетная – от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $-30^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_{\max}$  расчетная – от  $+30^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;
- $t$  ср.год. – от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+15^{\circ}\text{C}$ ;
- климат – умеренно-континентальный
- Максимальная нормативная скорость ветра – 24-30 м/с.

#### 1.4 Обзор и выбор методов повышения пропускной способности магистральной ВОСП

В состав стандартной ВОСП входят:

- СП - система передачи;
- ОС - оборудование сопряжения;
- О<sub>Пер</sub> - оптический передатчик;
- ОВ - оптическое волокно;
- ОР - оптический ретранслятор;
- ОПр- оптический приемник.

Тракт передачи и тракт приема оконечных станций А и Б состоит из СП, ОС, О<sub>Пер</sub> и СП, ОС, ОПр. В промежуточных станциях устанавливаются ОР.

Волоконно-оптический линейный тракт состоит из О<sub>Пер</sub>, ОВ, ОР и ОПр.

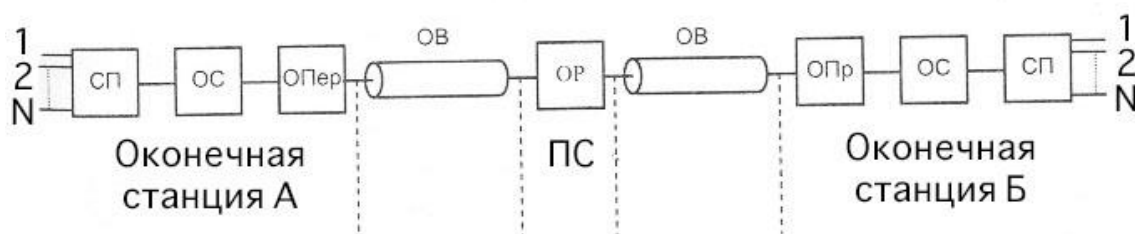


Рисунок 2– Ситуационный план трассы проектируемой ВОСП

На представленной схеме первичные электрические сигналы N, выходящие с передающей оконечной станции А поступают на систему передачи СП, выходом из которой многоканальный электрический сигнал подается на оборудование сопряжения ОС для преобразования в форму передачи по волоконно-оптическому линейному тракту. В оптическом передатчике О<sub>Пер</sub> электрический сигнал преобразуется в оптический путем модуляции оптической несущей, и далее передается в ОВ.

Чтобы уменьшить искажение и ослабление оптического сигнала на участке ретрансляции по ОВ, а также, чтобы увеличить дальность связи, устанавливаются промежуточные станции. На этих станциях осуществляются коррекция искажения и компенсация затухания, проводится обработка,

усиление, коррекция, регенерация только электрического сигнала. Поэтому оптический сигнал преобразуется в электрический на выходе из станции, и снова в оптический на входе. Эти преобразования оптического сигнала происходят в фотоприемнике и оптическом передатчике соответственно. Чисто оптические промежуточные станции можно построить на основе оптических квантовых усилителей. Обратное преобразование из электрического сигнала в оптический осуществляется на приемной оконечной станции Б.

Увеличение темпов роста услуг связи, включая доступ к сети Интернет и телефонную связь по технологиям NGN и IP-TV, свойственно любому региону нашей страны, в том числе и Карагандинской области Казахстана. Поэтому проектируемая оптическая магистраль ВОСП с повышенной пропускной способностью на основе оборудования SDH уровня STM-64 и DWDM должна обеспечить доступную и надежную магистральную связь между Карагандой и Жезказганом. При этом необходимо учтено подключение к проектируемой линии ВОСП населенных пунктов региона.

На рисунке 2 приведена схема многоканальной ВОСП, где установлены усилители и регенераторы оптического сигнала:

Пер. - передающая сторона,  
ОЛТ – оптический линейный тракт,  
ОУ - оптические усилители,  
Пр - приемная сторона.

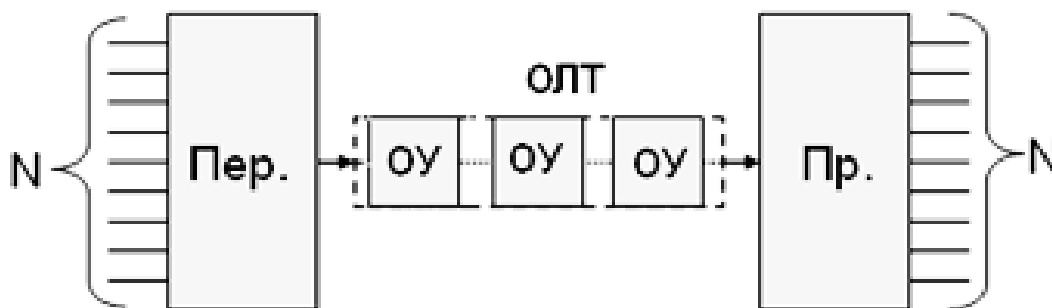


Рисунок 3– Структурная схема многоканальной ВОСП

Пропускная способность ВОСП определяется произведением числа волокон на число оптических каналов и на предельную скорость в каждом канале при заданной длине участка:

$$C = N_{\text{ОВ}} \times N_{\text{опт.кан.}} \times V_{\text{пред}},$$

где  $C$  – пропускная способность ВОСП;

$N_{\text{ОВ}}$  – количество ОВ в ОК, в зависимости от конструкции ОК. чем больше число ОВ, тем выше пропускная способность;

$N_{\text{опт.кан.}}$  – количество оптических каналов;

$N_{\text{опт.кан.}} = 32$  – количество оптических несущих, передаваемых по технологии WDM;



$V_{\text{пред}}$  – предельная скорость передачи по ОВ зависит от уровня SD. Максимальный уровень STM-256 - 40 Гбит/с.

Также учитываем необходимое количество ОЦК (64кбит/с), которое возможно передать по ВОЛС.

На проектируемой ВОСП предусмотрена передача  $N_{\text{ИСХ}}$  каналов ОЦК. Необходимое количество каналов при повышенной пропускной способности определяется по формуле:

$$N_{\text{ППС}} = k \times N_{\text{ИСХ}},$$

где  $N_{\text{ППС}}$  – количество каналов при повышенной пропускной способности;

$k$  – коэффициент увеличения пропускной способности, соответственно увеличению числа каналов. Если на стандартных ВОСП  $k=2,4,8,16,32 \dots n < 64$ , то при повышении пропускной способности,  $k$  должен быть в интервале  $k > 100$ .

На действующих ВОСП страны, кабельные линии которых проложены из стандартного оптического волокна рек. G-652, установлены системы с технологией временного уплотнения каналов TDM – Time Division Multiplexing и с полосой пропускания до 2,5 Гбит/с.

В недалеком будущем, чтобы увеличить пропускную способность таких систем, потребуются большие материальные вложения, так как появится необходимость замены оборудования на оконечных пунктах на новые сверхбыстрые электронные системы модуляции, коммутации и приема лазерного излучения, также увеличится число необслуживаемых ретрансляционных пунктов (НРП).

Для целесообразности применения наиболее оптимальной технологии передачи информации сравним методы волнового (WDM) и временного уплотнения (TDM) для увеличения пропускной способности ВОСП. Методы частотного уплотнения (FDM) и волнового уплотнения (PDM) не применяются для магистральных систем передач.

Метод временного мультиплексирования (TDM) – процесс передачи, который разбивается на ряд временных циклов, а каждый временный цикл разбивается на  $N$  субциклов (число уплотняемых каналов). В течение временных позиций (тайм-слоты), на которые подразделяется каждый субцикл, передается часть информации одного из цифровых мультиплексируемых потоков. Каждому из информационных каналов системы, имеющих общую оптическую несущую (один источник излучения) при временном мультиплексировании, для передачи информации отводится временное окно или определенный интервал времени. В первом временном окне оптическая несущая модулируется сигналом одного информационного канала, во втором – второго, в третьем – третьего и т.д. Длительность этого временного окна или интервалов времени зависит от нескольких факторов, главные из них – это скорость преобразования электрических сигналов в оптические и скорость передачи информации по линии связи.

На передающей части стоит временной мультиплексор, который, устанавливает очередность и временной интервал передачи информации на входе линии. На другом конце линии стоит демультиплексор, который определяет номер канала и идентифицирует его.

Метод TDM подразделяется на два вида — асинхронное (плезиохронное) и синхронное временное мультиплексирование. Им соответствуют цифровые иерархии – плезиохронная PDH и синхронная SDH.



Рисунок 4—Схема передачи оптических сигналов по ВОЛС с временным мультиплексированием TDM

Метод спектрального уплотнения (WDM) – процесс передачи, когда количество информационных цифровых потоков 2, 4, 8, 32...k, каждый из которых передается каждый на своей оптической несущей на длине волны  $\lambda_m$ . Эти потоки переносятся в пространстве с помощью специальных устройств оптических мультиплексоров (ОМ), после их объединения в один оптический поток с  $\lambda_1.. \lambda_m$ , он вводится в оптическое волокно. Обратная операция демультиплексирования проводится на приемной стороне. Здесь с помощью оптических модуляторов  $M_{ik}$  входных цифровых потоков (кодированных цифровых импульсных последовательностей) модулируют в оптические несущие с длинами волн  $\lambda_i$ . Затем с помощью мультиплексора  $M_{ux}$  модулированные несущие объединяются в агрегатный поток, который после усиления с помощью бустера или мощного усилителя – МУ подается в ОВ. На приемном конце поток с выхода ОВ демультиплексируется, усиливается предварительным усилителем – ПУ. Демультиплексирование - это процесс разделения потока на составляющие потоки, так называемые модулированные несущие  $\lambda_i$ , которые детектируются с помощью детекторов  $D_i$ . На входе которых могут дополнительно использоваться полосовые фильтры  $F_i$  для уменьшения переходных помех и увеличения помехоустойчивости детектирования. В конце процесса  $\lambda_i$  демодулируются демодуляторами  $D_{Mi}$ , которые формируют на выходе исходные кодированные цифровые импульсные последовательности. И также в системе кроме МУ и ПУ можно использовать и линейные усилители (ЛУ).

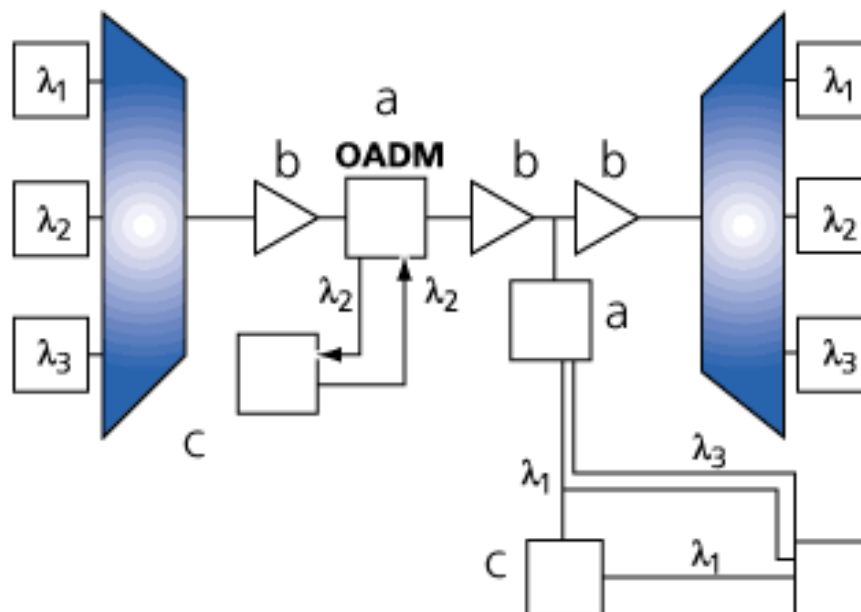


Рисунок 5– Структурная схема ВОСП со спектральным мультиплексированием WDM с устройством ввода/вывода OADM

Оба метода WDM и TDM предусматривают объединение нескольких входных низкоскоростных каналов в один составной высокоскоростной канал. Но преимуществом технологии передачи WDM является то, что она работает на нескольких длинах волны, а TDM только на одной длине волны.

Таким образом, для наращивания количества каналов по технологии TDM необходимо увеличивать скорость передачи по принципу STM-1 в STM-N или STM-N в STM-4×N (иерархия SDH), а по технологии WDM - путем добавления новых оптически несущих  $\lambda_m$ , а также путем уменьшения расстояния между несущими.

На примере увеличения пропускной способности в 4 раза при этих методах сравним:

при TDM переход на следующую ступень иерархии ЦСП по формуле  $30 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4$ , позволяет увеличить пропускную способность с каждой ступенью в 4 раза. Большое влияние на качество передачи при высокой скорости оказывают поляризационная модовая дисперсия и хроматическая дисперсия ОВ. Появляется сложность окончного оборудования и, следовательно, повышение себестоимости;

при WDM пропускная способность ВОСП увеличивается в  $k$  раз, так как  $k$  потоков TDM модулируются по отдельности в оптические сигналы разной длины волны и объединяются с помощью оптического мультиплексора, при этом отсутствуют ограничения по дисперсии и другим показателям.

Увеличение пропускной способности в технологии TDM происходит за счет увеличения скорости передачи битов по линии связи. Ограничить скорость может только используемые электронные компоненты. Цифровые интегральные схемы, необходимые для получения данных, их хранения и

передачи, должны работать со скоростью, равной (или близкой к этому) суммарной скорости передачи линии связи. Для каждого канала необходимо установить оборудование, способное поддержать полную пропускную способность линии связи.

Оборудование WDM в канале не может поддерживать полную скорость составного сигнала, но может поддержать скорость передачи по этому каналу. Таким образом, скорость работы используемых электронных устройств не ограничивают полную пропускную способность линии связи.

Учитывая вышеизложенное, делаем вывод, что самую быструю линию связи TDM, созданную из современного оборудования, в системе связи WDM можно передавать только как один из многих каналов.

Таким образом, технология WDM (wave length division multiplexing) является наиболее прогрессивным методом передачи информации.

По результатам сравнения видно, технология WDM (метод спектрального уплотнения) наиболее экономична и может использоваться совместно с технологией TDM (временный метод уплотнения) для повышения ее эффективности, оставляя практически без обновлений большую часть действующего оборудования.

Таблица 1– Технические характеристики

Параметры	Временное мультиплексирование	Спектральное мультиплексирование
Надежность	Высокая	Высокая
Пропускная способность	Высокая	Очень высокая
Коммутационные устройства	Сложные	Сложные
Загруженность ОВ	Средняя	Высокая
Объем аппаратуры	Большой	Средний

Таблица 2– Экономические характеристики

Параметры	Временное мультиплексирование	Спектральное мультиплексирование
Стоимость конечных пунктов	Практически одинакова	
Стоимость линейного тракта	Средняя	Средняя
Стоимость канала	Низкая	Низкая
Стоимость передачи информации	Низкая	Низкая

Таким образом, технология WDM (wave length division multiplexing) имеет неоспоримое преимущество перед остальными магистральными технологиями передачи информации.

#### Вывод

Новая технология уплотнения каналов по длинам волн WDM идеально подходит как для повышения пропускной способности существующих магистралей передачи данных, так как достаточно только заменить терминалы

в линии с оптическими усилителями, так и при строительстве новых ВОСП с переходом на следующую ступень иерархии ЦСП.

Внедрение на сети связи АО «Казахтелеком» систем связи со спектральным уплотнением и организации комбинированного использования SDH и DWDM сетей не только решает проблему нехватки пропускной способности, но и расширяет перечень предоставляемых услуг, повышает качество и понижает себестоимость работы связи.

## **2 Расчетная часть**

### **2.1 Расчет необходимого числа каналов и выбор системы передачи**

Для выбора системы передачи и определения емкости кабеля необходимо по численности населения заданного региона определить число телефонных каналов и других каналов связи при использовании серийно выпускаемой аппаратуры для их уплотнения.

Численность населения Карагандинской области по данным переписи 2009 года составляет 1 350 039 человек, в том числе в Караганде постоянно проживают – 469 196 человек, а в районах, охваченных проектируемой магистралью и в городе Жезказган – 277 154 человека. С учетом среднего показателя прироста населения

$$N_t = N_0 \times \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t, \text{ чел.}, \quad (1)$$

где  $N_0$  — народонаселение в период переписи населения, чел.;

$p$  - средний годовой прирост населения по данным статуправления, % (принимается 3%);

$t$  — период, определяемый как разность между назначенным перспективного проектирования и годом проведения переписи населения.

Год перспективного проектирования принимается на 5 лет вперед по сравнению с текущим временем.

Следовательно,

$$T = 10 + (T_m - T_0), \quad (2)$$

где  $t_m = 2016$  — год составления проекта;

$t_0 = 2009$  — год, к которому относятся данные  $N_0$ .

$$t = 5 + (2016 - 2009) = 12.$$

$$N_{\text{ТКараганда}} = 469,196 \times (1 + 0,03)^{12} = 689,03 \text{ тыс. человек} \quad (3)$$

$$N_{\text{ТЖезказган}} = 277,154 \times (1 + 0,03)^{12} = 407,01 \text{ тыс. человек} \quad (4)$$

На основании данных предприятий связи Карагандинской области за предшествующие годы можно определить взаимосвязь между окончательными и



промежуточными пунктами, выражая ее через коэффициент тяготения  $K_T$ , который колеблется в диапазоне от 0,1 до 12%. Для Карагандинской области, с ее развитой горно-металлургической промышленностью,  $K_T$  принимаем равным 10%, или  $K_T=0,1$ .

Так как большую часть междугородней связи имеют телефонные каналы, надо сначала определить количество телефонных каналов между заданными конечными пунктами, используя формулу:

$$n_{\text{тф}} = \alpha_1 \times f_1 \times y \frac{m_a \times m_b}{m_a + m_b} + \beta_1, \quad (5)$$

где  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  — постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям; обычно потери задаются 5%, тогда  $\alpha_1 = 1,3$ ;  $\beta_1 = 5,6$ ;

$f_1$  — коэффициент тяготения,  $f_1 = 0,1$  (10 %);

$y$  — удельная нагрузка, т.е. средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом,  $y=0,08$  Эрл;

$m_a$  и  $m_b$  - количество абонентов, обслуживаемых конечными станциями АМТС соответственно в пунктах а и b, соответственно, Караганда-Жезказган.

Средний коэффициент обеспеченности населения телефонами в среднем по стране равен 0,7.

Тогда по формуле

$$m = 0,7 \times N_t, \quad (6)$$

Получим количество абонентов, которое определяется пропорционально численности населения, приживающегося в рассматриваемой зоне.

$$m_{\text{Караганда}} = 0,7 \times 689,03 = 482,321 \text{ тыс. человек,}$$

$$m_{\text{Жезказган}} = 0,7 \times 407,01 = 284,907 \text{ тыс. человек}$$

$$n_{\text{тф}} = 1,3 \times 0,1 \times 0,08 \times \frac{482,321 \times 284,907}{482,321 + 284,907} \times 5,6 = 7463$$

При этом первичный цифровой канал скоростью 2Мб/с состоит из 30 стандартных каналов, следовательно, число цифровых потоков Е1 определим соотношением:

$$n_{\text{Е1}} = \frac{n_{\text{тф}}}{30} = \frac{7463}{30} = 249 \text{ потоков по 2 Мб/с}$$

скорость передачи равна:

$$B = 249 \times 2 = 498 \text{ Мб/с}$$

Однако по кабельной магистрали между оконечными пунктами Караганда- Жезказган организуют и другие каналы, такие как интернет, телерадиовещание и прочие, а также транзитные каналы.

Общее количество каналов для передачи вещания между двумя междугородными станциями заданных пунктов равно

$$n_{аб} = n_{тф} + n_{тг} + n_{пв} + n_{пд} + n_{пг} + n_{тр} + n_{тв},$$

где  $n_{тф}$  – число двухсторонних каналов для телефонной связи;

$n_{тг}$  – то же для телеграфной связи;

$n_{тв}$  – то же для передачи телевидения;

$n_{пв}$  – то же для передачи проводного вещания;

$n_{пд}$  – то же для передачи данных;

$n_{пг}$  – то же для передачи газет;

$n_{тр}$  – транзитные каналы.

Для передачи сигналов по каналам вещания ( $n_{тг}$ ,  $n_{пв}$ ,  $n_{пд}$ ,  $n_{пг}$ ,  $n_{тв}$ ) отводится обычно 1 поток по 2Мб/с.

В число транзитных каналов входят связи областных и районных центров, а также каналы для международной связи.

Для связи внутри области предусмотрено 63 потока по 2Мб/с

Итого для связи в заданном направлении необходимо:

$$249 \times 2 \text{ Мб/с} + 1 \times 2 \text{ Мб/с} + 63 \times 2 \text{ Мб/с} = 313 \times 2 \text{ Мб/с};$$

Кроме того, надо учесть, что магистраль является ответвлением НИМС «Алматы-Астана-Караганда» и должна обеспечить эти транзитные соединения, необходимо предусмотреть дополнительно  $100 \times 2$  Мб/с потоков:

$$n_{аб} = 313 + 100 = 413 \times 2 \text{ Мб/с потоков.}$$

При кольцевой схеме организации связи необходимо предусмотреть 100% резерв потоков:

$$N_{общ} = 413 \times 2 = 826 \times 2 \text{ Мб/с потоков.}$$

В итоге: на магистрали «Караганда – Жезказган» требуется  $826 \times 2$  Мб/с потока или 24 780 каналов.

Теперь можно сравнить оборудование передачи с уровне иерархии SDH:

STM-1 имеет 63 потока или 1890 каналов;

STM-4 имеет -  $4 \times 63 = 252$  потока или 7560 каналов;

STM-16 имеет-  $16 \times 63 = 1008$  потока или 30240 каналов;

STM-64 имеет-  $64 \times 63 = 4032$  потока или 120 960 каналов.

По сравнительным данным видно, что для проектируемой магистрали, с учетом перспективного развития, необходимо использовать приемо-передающую аппаратуру SDN иерархии STM-16.

### 2.1.1 Выбор оборудования ВОСП

В конце 2011 года в Алматы состоялась торжественная церемония открытия представительства ЗАО «NEC Нева Коммуникационные Системы» в Казахстане, основным заказчиком которого является АО «Казахтелеком». Аппаратура SDNNEC, поддерживающая технологию DWDM, отвечает всем необходимым параметрам ВОСП.

U-Node BBM, новый продукт корпорации NEC, предлагает различные услуги по передаче сигналов Gigabit Ethernet, Fast Ethernet, SDH и PDH с помощью различных гибких сетевых конфигураций, таких как: линейные, кольцевые, взаимоувязанные кольца, взаимно увязывание колец в двух узлах, мульти кольцевые, и т.д.

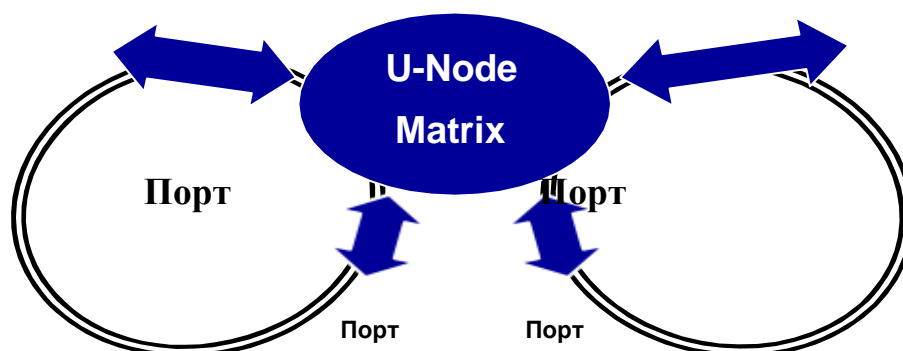


Рисунок 6 – U-Node: гибкое назначение портов

Система U-Node BBM поддерживает интерфейс Ethernet для прозрачной передачи пакетов IP-услуг между несколькими сетями Ethernet. Для эффективного выполнения передачи IP-пакетов, также используется виртуальное объединение VC-4-Vx. Данная концепция позволяет эффективно выполнять трафик IP-услуг с разной сервисной скоростью через существующие сети SDH.

Для интерфейсных блоков на главной полке U-Node BBM предусмотрено 8 универсальных слотов. Для более высокого уровня использования универсальных слотов в полке EXT16 (Расширение 16), имеющей 8 универсальных слотов могут быть добавлены дополнительные слоты. Добавив три полки EXT16, число универсальных слотов можно увеличить до 32.

Универсальные слоты не отличаются друг от друга. В любой из универсальных слотов можно установить любой тип интерфейсных блоков, которые поддерживаются главной полкой, т.е. Ethernet/STM-16 /STM-4 /STM-1. Концепция универсальных слотов позволяет осуществлять гибкую и масштабируемую структуру сетей передачи.



Рисунок 7 – Полка U-Node BBM

Для более высоких требований к трафику возможна экономичная модернизация U-Node BBM до уровня системы STM-64 за счет добавления EXT64 (Расширение 64). Полка EXT64 подсоединяется к главной полке U-Node BBM через внутреннюю шину.

В зависимости от требований к трафику 2-х волоконное кольцо STM-64 MS-SPRing можно легко расширить до 4-х волоконного кольца MS-SPRing

Конструкция системы U-Node BBM разработана с учетом всех рекомендаций ITU-T, касающихся SDH, а также самых последних спецификаций ETSI

Низкоскоростные сигналы мультиплексируются в высокоскоростные с использованием стандартных маршрутов мультиплексирования SDH, как показано на Рисунке 10.

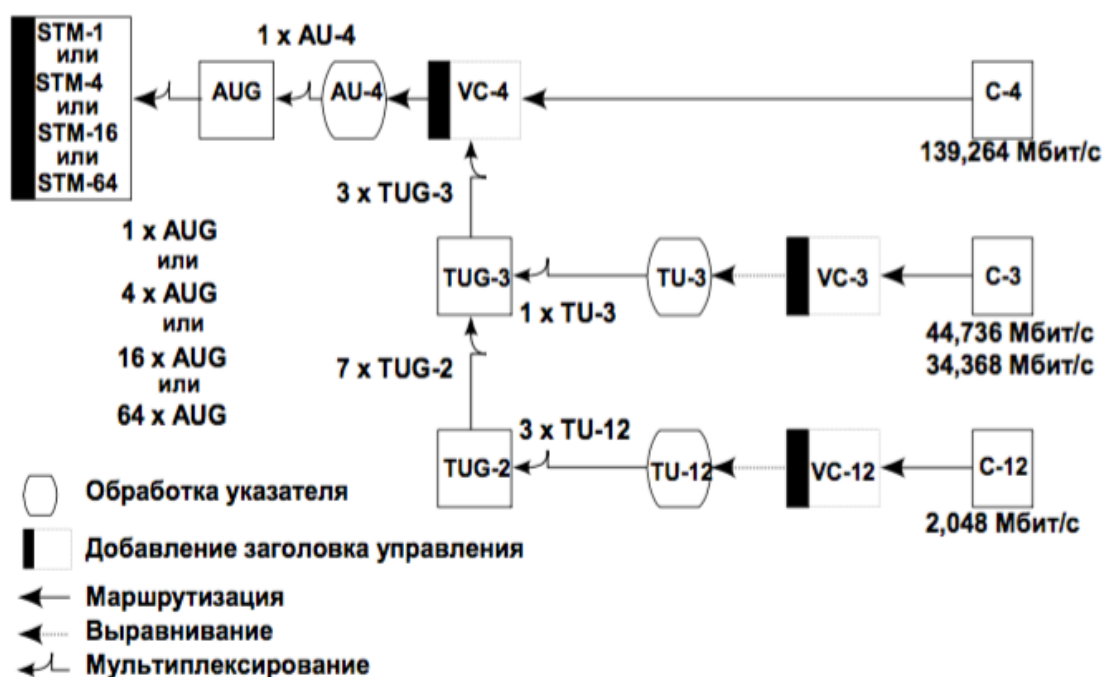


Рисунок 8 – Маршруты мультиплексирования в U-NodeBBM

Характеристики оптического интерфейса STM-16 для дальней связи приведены в приложении А.

Характеристики оптического интерфейса STM-4 приведены в приложении Б.

Оборудование EXT - 16 осуществлять функции линейного и станционного оборудования. Всего на магистрали расположены два мультиплексора EXT- 16 на конечных пунктах в Караганде и в Жезказгане, и 3 мультиплексора EXT - 4 в транзитных пунктах Жарыу, Атасу, Жайрем.

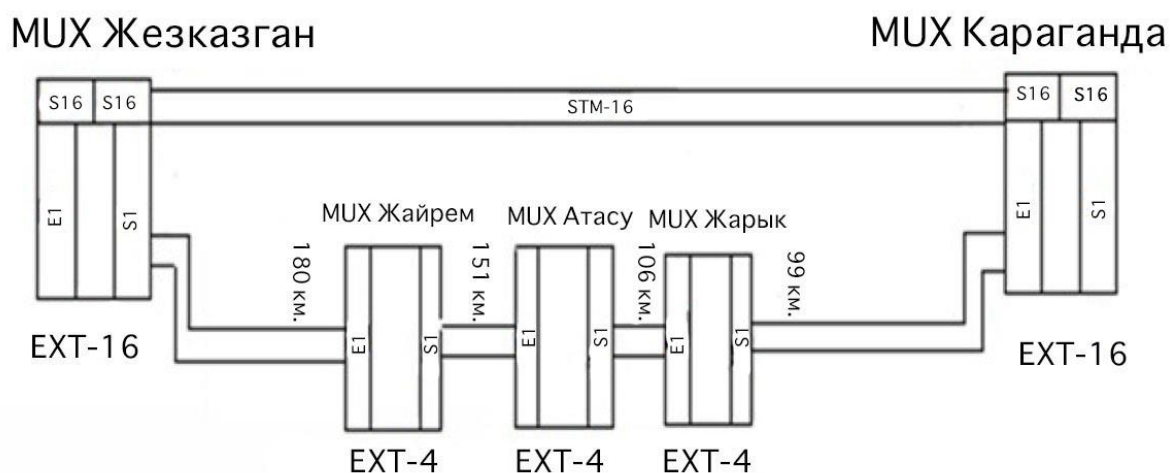


Рисунок 9 – Логическая схема организации связи на участке Караганда-Жезказган

Синхронный мультиплексор EXT - 4 используется для линейных потоков на уровне STM - 4 (622 Мбит/с) SDH-иерархии.



Помимо мультиплексирования и демультиплексирования полезной нагрузки (PDH) и сигналов заголовка (включая требуемые процедуры упаковки и распаковки), синхронный мультиплексор EXT - 4 выполняет следующие функции:

— обеспечение линейных окончаний; - установление соединений; - текущий контроль;

— операции коммутации во встроенном кросс - соединении; - доступ к заголовку. Синхронный мультиплексор EXT - 4 может быть оборудован следующими интерфейсами данных пользователей: линейный и трибутарный поток.

Таблица 3 – Линейные интерфейсы

Иерархия	Скорость передачи информации	Соединение
SDH	622 Мбит/с (STM-1)	оптическое

Таблица 4 – трибутарные интерфейсы

Иерархия	Скорость передачи информации	Соединение
PDH	2 Мбит/с	электрическое
PDH	34 Мбит/с	электрическое

Синхронный мультиплексор EXT - 4 выполняет передачу потоков синхронной цифровой иерархии (SDH) и плезиохронной цифровой иерархии (PDH), предназначен для работы с двумя линейными потоками STM - 4 ("Восток" и "Запад"), которые могут заменяться один на другой и на трибутарные потоки. Взаимная замена трибутарных потоков невозможна.

PDH - интерфейс 2 Мбит/с представлен функциональной группой LOI2M. Функциональная группа LOI2M содержит либо 21, либо 63 двунаправленных интерфейса 2 Мбит/с (в соответствии с рекомендациями ITU-T G.703 или ITU-T G.704). Эта группа выполняет функцию упаковки в виртуальный контейнер VC-12, а также соответствующую функцию распаковки.

Функции и режимы:

— асинхронная упаковка потока 2 Мбит/с виртуальный контейнер VC - 12 (плавающий режим); соответствующая распаковка из контейнера VC - 12;

— побитовая синхронная упаковка потока 2 Мбит/с в виртуальный контейнер VC - 12;

— соответствующая распаковка из контейнера VC-12;

— окончание виртуального контейнера VC-12;

— обеспечение тактового сигнала 8 кГц (выделяемого из входного потока 2 Мбит/с) для синхронизации источника синхросигналов мультиплексора

(MTS).

Общие функции: - поддержка режима переключения синхронного мультиплексора на

резервную линию (MSP) по схеме 1+1 для потоков STM - 1; - предварительная обработка информации об аварийных сигналах,

рабочей и управляющей информации; - подача синхронного опорного сигнала. Функции мультиплексирования: - упаковка потока VC-4 в исходящий поток STM-1; - мультиплексирование исходящих потоков TU - 12 и TU - 3 в соответствии со структурой мультиплексирования VC-4, определяемой блоком управления системой (SPC);

— доступ к DCC, SOH, и HPOH через интерфейсы управления. Функции демultipлексирования:

— текущий контроль обоих входящих потоков STM-4;

— демultipлексирование входящих потоков на основании структуры мультиплексирования STM - 4 (маркировка потоков TU - 12 и TU - 3), определяемой блоком управления системой (SPC);

— регулирование частоты между входящим потоком STM -4 и внутренним системным тактовым сигналом на уровне VC;

— доступ к DCC, SOH и HPOH через интерфейсы управления;

— текущий контроль обоих потоков VC - 4. Комплектация мультиплексора EXT - 16 осуществляется следующими модулями:

— EI - 42 (рабочий) - модуль вставки/выделения потоков 2 Мбит/с. На одном модуле можно выделять до 42 потока 2 Мбит/с. Может формировать тактовый сигнал 8 кГц для задающего генератора EXT - 16;

— EI - 42 (резервный) - модуль для переключения на резерв при выходе из строя рабочих модулей, осуществляет резервирование 1: n;

— OIS - 16D - модуль оптического линейного тракта. Модуль содержит двунаправленный синхронный интерфейс. Структура потоков данных и их характеристические параметры соответствуют рекомендации ITU - T G.957 для линейных потоков STM - 16 со скоростью передачи 2448 Мбит/с. Модуль выполняет функции мультиплексирования/демультиплексирования VC - 4 переключения на резерв мультиплексорной секции и платы, осуществляет подготовку сигнала синхронизации T1;

— IPU - 16 - внутренний процессор. Выполняет всю обработку сигналов (упаковку и распаковывание) для уровней тракта низкого порядка VC - 12, VC-2 и VC-3, а также для уровней тракта высокого порядка VC - 4;

— SN-64 - модуль коммутационного поля. Обеспечивает функцию вставки/вывода через неблокирующий переключатель для эквивалентов 64 STM - 1. Уровень гранулярности коммутатора включает в себя слои VC - 4, VC - 3, VC - 2 и VC - 12. Это позволяет устанавливать соединения между линией и линией, линией и трибутарным потоком, между трибутарными потоками;

— SN - 64, выполняет функции маршрутизации контейнеров VC - 12 по VC - 4, между интерфейсами передачи трафика. Поддерживают одно и двунаправленные соединения, а также ретрансляционный, прерывистый трафик. Для резервирования возможна установка резервного модуля. В модуле также размещается источник тактовых сигналов синхронного оборудования (SETS), который может быть синхронизирован или с STM - n (T1, синхросигнал с любого STM - n), или с сигналом 2 Мбит/с (T2, извлечённый с любого порта 2 Мбит/с PDH), или с внешним источником опорных синхросигналов (T3, внешний источник синхросигналов 2048 кГц);

— OBD - оптический бустер. Это оптический усилитель, который «прозрачно усиливает» световой выходной сигнал, т. е. не меняет содержимого сигнала. Он работает в диапазоне волн 1530 - 1560 нм;

— SCU-R2 - модуль блока управления системой. Это центральное процессорное оборудование EXT - 16, в котором обрабатываются функции программного обеспечения управления синхронным оборудованием и административной связи.

выполняет следующие функции Модуль:

— отслеживает сигналы оборудования и передаёт сигналы аварийного состояния в сеть, на шину аварийных сигналов стativa и терминалов LCT/NCT или TNMS;

— передаёт рабочие данные синхронного линейного оборудования в систему управления сетью и на терминал LCT/NCT;

— конфигурирует синхронное линейное оборудование в соответствии с настройками, переданными системой управления или терминалом LCT/NCT. Последние действующие настройки сохраняются в энергонезависимой флэш памяти;

— ОНА - модуль доступа к заголовку. Предоставляет пользователю возможность доступа к байтам заголовка линейных и трибутарных интерфейсов для речевой связи и передачи данных. С модулем ОНА доступны следующие интерфейсы передачи заголовка: два канала передачи данных 64 Кбит/с в соответствии с рекомендациями ITU - T G.703, четыре канала передачи данных с интерфейсом, соответствующим рекомендациям ITU - TV.11, двухпроводный интерфейс для канала служебной связи (двухпроводный телефон), два четырёх проводных E&M интерфейса (только прозрачный режим).

Синхронные мультиплексоры EXT - 16 представляют собой модульные под стative. Каждый мультиплексор снабжён панелью локальной сигнализации аварийных состояний.

При разработке мультиплексоров EXT - 16 были использованы принципы децентрализации, что позволило отказаться от единого блока питания. Каждый модуль содержит свой преобразователь, вырабатывающий напряжения, используемые модулями. Применение такого подхода значительно увеличило надёжность устройства и уменьшило потребляемую

мощность.

### 2.1.2 Расчет типа оптического волокна

Оптические волокна (ОВ) – это круглый диэлектрический стержень из стекла или прозрачного полимера, который называется сердцевинкой, окруженной диэлектрической оболочкой. ОВ классифицируются на две группы: одномодовые и многомодовые. Одномодовые ОВ обладают наилучшими характеристиками, так как в них распространяется только один луч.

Сердцевина служит для передачи электромагнитной энергии, а оболочки – для защиты от излучения энергии в окружающую среду.

Показатель преломления сердцевинки всегда больше показателя преломления оболочки, который имеет постоянное значение.

Зная значения показателей преломления сердцевинки и оболочки ОВ, найдем числовую апертуру NA – угол между оптической осью и одной из образующих светового конуса, падающего в торец волоконного световода, при котором выполняется условие полного внутреннего отражения:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (7)$$

где  $n_1$  – показатель преломления сердцевинки ОВ;

$n_2$  – показатель преломления оболочки ОВ.

при  $n_1 = 1,51$   $n_2 = 1,49$

$$NA = \sqrt{1,476^2 - 1,472^2} = 0,1086$$

при найденном NA значение апертурного угла определим по формуле:

$$\theta_\alpha = \sin^{-1}(NA), \quad (8)$$

$$\theta_\alpha = \sin^{-1}(0,1087) = 6,23^\circ$$

Значение нормированной частоты рассчитывается по формуле:

$$v = 2\pi \frac{a}{\lambda} NA, \quad (9)$$

где  $a$  – радиус сердцевинки ОВ, для ступенчатого одномодового волокна  $a = 5$  мкм;

$$v = 2\pi \frac{5}{1,55} \times 0,186 = 2,2$$

где  $\lambda$  – длина волны = 1,55 мкм.

Определим число мод:

$$N = \frac{v^2}{4} \text{ для градиентного ОВ} = \frac{2,2^2}{4} = 1,21; \quad (10)$$

$$N = \frac{v^2}{2} \text{ для ступенчатого } N = \frac{2,2^2}{2} = 2,42. \quad (11)$$

Следовательно, волокно может работать как в одномодовом, так и в многомодовом режиме приданных условиях.

### 2.1.3 Выбор типа и конструкции оптического кабеля

На внутризоновых и магистральных сетях предъявляются очень жесткие требования к параметрам ОВ, на ГТС могут быть использованы ВОК с ОВ, к параметрам которых предъявляются менее жесткие требования.

Высокая чувствительность ОВ к механическим воздействиям, возникающим в процессе изготовления, прокладки и эксплуатации ВОК, требует особого подхода к их конструированию. При разработке конструкции ВОК необходимо, прежде всего, учитывать узкий диапазон допустимых упругих растяжений (0,1 – 1 %) и малую механическую прочность основного элемента кабеля – оптического волокна.

Поэтому необходимо предусмотреть:

- предохранение ОВ от растяжений и изгибов, которые могут вызвать ухудшение параметров передачи;
- упрочнение кабеля силовыми (упрочняющими) элементами, ограничивающими его растяжение при одновременном обеспечении допустимых радиусов изгиба;
- защиту от механических, температурных и электромагнитных воздействий.

Правильно разработанные конструкции ВОК должны обеспечивать их прокладку такими же методами, как и обычные электрические кабели.

Оптическое волокно (ОВ) – диэлектрический волновод оптического диапазона частот. ОВ представляет собой цилиндрические нити или тонкие узкие прозрачные полоски, изготовленные из материала, прозрачного для применяемого излучения. Цилиндрические ОВ применяются в основном как волноводы волоконно-оптических систем передачи для линий связи протяженностью от сантиметров до сотен и тысяч километров, а ОВ в виде полосок (планарные) – как соединительные элементы в оптических и оптоэлектронных микросхемах. Цилиндрические ОВ нашли широкое применение в волоконно-оптических линиях связи.

В современных магистральных ВОЛС наиболее часто используют ВОК с одномодовыми световодами, которые имеют низкие потери по рекомендации G.652 и G.655: коэффициент затухания излучения на длине волны 1,55 мкм 0,2 - 0,4 дБ/км и полосу пропускания не менее 5 ГГц.

Одномодовое волокно с ненулевой смещенной дисперсией NZDSF оптимизировано для передачи не одной длины волны, а сразу нескольких длин волн (мультиплексного волнового сигнала WDM и высокоплотного волнового сигнала DWDM). Волокно Corning защищено двойным акрилатным покрытием CPC, обеспечивающим высокую надежность и работоспособность. Наружный диаметр покрытия равен 245 мкм.



Волокно с ненулевой смещенной дисперсией (NZDSF) предназначено для применения в магистральных волоконно-оптических линиях и глобальных сетях связи, использующих DWDM-технологии. В этом волокне поддерживается ограниченный коэффициент хроматической дисперсии во всем оптическом диапазоне, используемом в волновом мультиплексировании (WDM). Волокна NZDSF оптимизированы для использования в диапазоне волн от 1530 нм до 1565 нм.

Рекомендации разделяют волокна на три подкатегории - А, В, С, которые различаются по значениям коэффициента поляризационной модовой дисперсии, хроматической дисперсии и рабочему диапазону.

Оптические волокна категории G.655.А обладают параметрами, обеспечивающими их применение в одноканальных и многоканальных системах с оптическими усилителями (Рекомендации G.691, G.692, G.693) и в оптических транспортных сетях (Рекомендация G.959.1). Рабочие длины волн и дисперсия в волокне данной подкатегории ограничивают мощность входного сигнала и их применение в многоканальных системах.

Оптические волокна категории G.655.В аналогичны G.655.А. Но в зависимости от рабочей длины волны и дисперсионных характеристик мощность входного сигнала может быть выше, чем для G.655.А. Требования в части поляризационной модовой дисперсии обеспечивают функционирование систем уровня STM-64 на расстоянии до 400 км.

Категория волокон G.655.С подобна G.655.В, однако более строгие требования в части поляризационной модовой дисперсии позволяют использовать на данных оптических волокнах системы уровня STM-256 (Рекомендация G.959.1) или же увеличивать дальность передачи систем STM-64.

Оптическое волокно состоит из сердцевины, по которой происходит распространение световых волн, и оболочки, предназначенной, с одной стороны, для создания лучших условий отражения на границе раздела «сердцевина - оболочка», а с другой - для снижения излучения энергии в окружающее пространство. Для повышения прочности и надежности волокна на оболочку накладываются защитные покрытия.

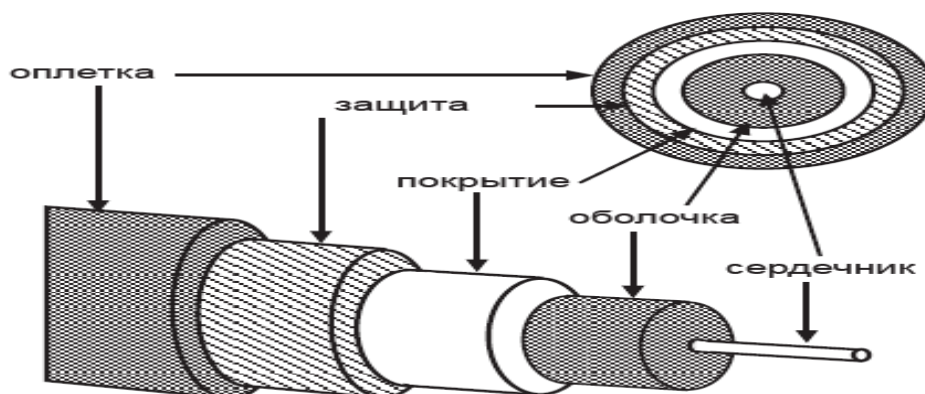


Рисунок 10 – Общий вид типового ОВ

Базовая конструкция ОВ.

Сердцевина изготавливается из оптически более плотного материала. Оптические волокна отличаются диаметром сердцевины и оболочки, а также профилем показателя преломления сердцевины, т. е. зависимостью показателя преломления от расстояния от оси ОВ.

Сравним характеристики двух кабелей.

Кабель ОМЗКГМ-10-01-0,22-20/4(8,0)

Назначение:

Кабель предназначен для прокладки в грунтах всех категории, кроме подверженных мерзлотным деформациям, в кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, шахтах, тоннелях на мостах и в , через неглубокие болота и несудоходные реки.

Конструкция:

- 1 оптическое волокно производства Fujikura, Corning, Draka;
- 2 гидрофобный наполнитель в модуле;
- 3 модуль - центральная трубка из полибутилентерефталата;
- 4 гидрофобный наполнитель между броней и модулем;
- 5 броня из круглых стальных оцинкованных проволок;
- 6 защитный шланг из полиэтилена.

Условия эксплуатации и монтажа:

температурный диапазон эксплуатации- от минус 40°C до плюс 70°C; кабели предназначены для монтажа и прокладки ручным и механизированным способами при температуре не ниже минус 10°C; допустимый радиус изгиба при монтаже не менее 20 номинальных диаметров кабеля при эксплуатации и не менее 250 мм при прокладке и монтаже; срок службы кабелей, не менее – 25 лет;

кабели стойки к воздействию плесневых грибов, росы, дождя, инея, соляного тумана, солнечного излучения, стойки к повреждению грызунами; кабель поставляется на деревянных барабанах в соответствии с ГОСТ 18690.

Технические характеристики:

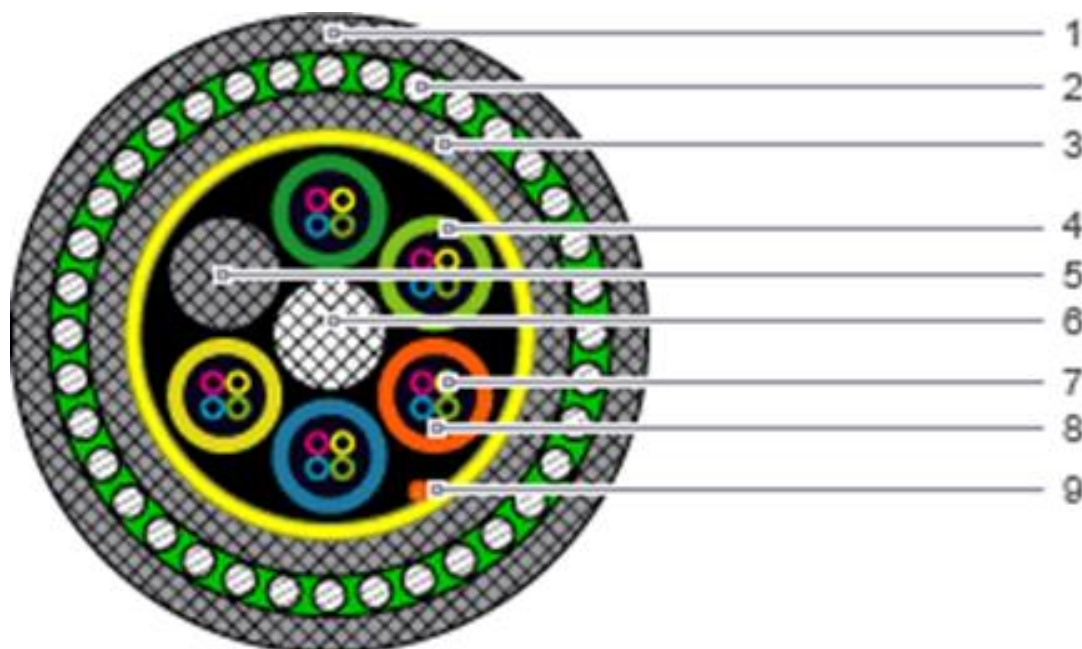
- наружный диаметр кабеля – 10,6 – 13,0 (мм);
- номинальный вес (218 – 238 (кг/км);
- кабель устойчив к растягивающим усилиям, – от 4,0 до 20,0 (кН);
- раздавляющим усилиям не менее– 1000 Н/см;
- коэффициент затухания, на длине волны 1550 нм – 0,21 дБ/км;
- общее количество волокон от 4 до 16;
- электрическое сопротивление наружной оболочки не менее 2000 МОм/км;

Обозначения кабеля:

ОМЗКГЦ-10-01-0,22-4...16 (8,0) – кабель оптический магистральный и внутризоновый : О-оптический, М-магистральный, 3- зоновой, К-канализация, Г-грунт, Ц- одномодульный, 10-диаметр модового поля , 01 –центральная трубка из полибутилентерафталата, 0,22 –коэффициент затухания , 4...16 – количество волокон, 8,0 –допустимое растягивающее усилие

ОМЗКГЦН-10-01-0,22-4...16 (8,0) кабели в негорючем исполнении, оболочка из материала, не распространяющего горение.

Кабель оптический марки ОМЗКГМ-10-01-0,22-20/4(8,0).



- 1 Наружная оболочка;
- 2 Броня (1 или 2 повива стальных проволок);
- 3 Внутренняя оболочка;
- 4 Оптический модуль;
- 5 Кордель заполнения;
- 6 Центральный элемент;
- 7 Оптическое волокно;
- 8 Заполнитель оптического модуля;
- 9 Рипкорд.

Рисунок 11 – Кабель оптический марки ОМЗКГМ-10-01-0,22-20/4(8,0)

Кабель КС ОКЛ (ZN) 2У 4×5 Е 9/125 0,36 F 3,5+0,22 Н 18LG производства компании “Казцентрэлектропровод”.

Назначение:

Кабель типа КС ОКЛ (ZN) предназначен для использования при повышенных требованиях к устойчивости к механическим воздействиям при прокладке ручным и/или механизированными способами непосредственно в грунтах всех категорий, в том числе в районах с высокой коррозионной агрессивностью и территориях, заражённых грызунами, в районах сыпучих грунтов и грунтовых сдвигов, кроме подвергаемых мерзлотным деформациям, через болота, озёра, сплавные и судоходные реки глубиной до 50 м.

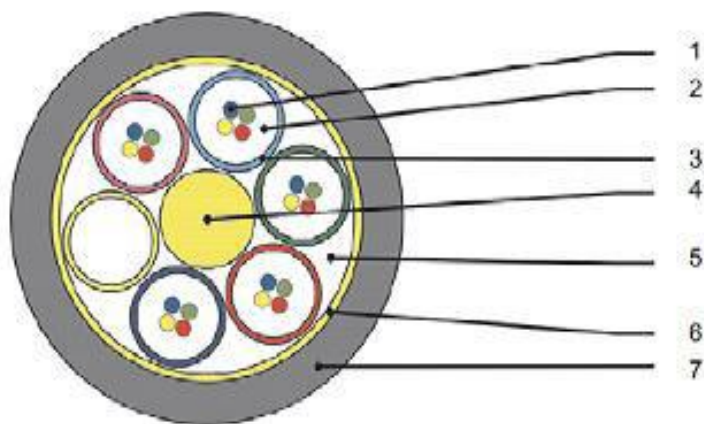


Рисунок 12 – Поперечный разрез кабеля типа КС ОКЛ (ZN)

#### Конструкция:

- 1 Оптическое волокно производства Corning SMF 28E+ LL;
- 2 Гидрофобный заполнитель модуля (тиксотропный гель);
- 3 Оптический модуль (ПБТ – полибутилентерефталат);
- 4 Центральный силовой элемент (стеклопластиковый пруток FRP);
- 5 Гофрированная сталеполимерная лента;
- 6 Скрепляющая лента;
- 7 Наружная полиэтиленовая оболочка. В исполнении «нг» наружная оболочка из не распространяющего горения низкодымного без галогенового компаунда.

#### Условия эксплуатации и монтажа:

Температурный диапазон эксплуатации- от минус 40°C до плюс 60°C  
 Кабели предназначены для монтажа и прокладки ручным и механизированным способами при температуре не ниже минус 10°C  
 Допустимый радиус изгиба при монтаже не менее 200 мм при эксплуатации и не менее 300 мм при прокладке и монтаже.  
 Срок службы кабелей, не менее - 25 лет  
 Кабели стойки к воздействию плесневых грибов, росы, дождя, инея, соляного тумана, солнечного излучения, стойки к повреждению грызунами  
 Кабель поставляется на деревянных барабанах в соответствии с ГОСТ 18690

#### Технические характеристики:

- Наружный диаметр кабеля – 9,4 – 16,4 (мм) ;
- Номинальный вес ( – 92 – 243 (кг/км);
- Допустимая растягивающая нагрузка – 2,7 (кН);
- Допустимая раздавливающая нагрузка – 400 Н/см;
- Коэффициент затухания, на длине волны 1550 нм – 0,18 дБ/км, на длине волны 1310 нм -0,32 дБ/км;
- Общее количество волокон от 28 до 144;
- Электрическое сопротивление наружной оболочки не менее 2000 МОм/км.

Обозначения кабеля:

КС ОКЛ – оптический кабель линейный;

ZN - неметаллический усилительный элемент;

2Y - полиэтиленовая оболочка;

B2Y – броня с полиэтиленовой оболочкой;

4 - количество модулей;

5 - количество волокон в модуле;

E - одномодовое волокно;

9 - диаметр сердечника, мкм;

125 - диаметр оболочки, мкм;

0,36 - коэффициент затухания на длине волны 1,33 мкм, дБ/км;

F - длина волны 1,3 мкм;

3,5 - удельный коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм × км, при длине волны 1,3 мкм;

0,22 – коэффициент затухания, дБ/ км, на длине волны 1,55 мкм;

H - длина волны 1,55 мкм;

18 - удельная хроматическая дисперсия, на длине волны 1,55 мкм;

LG - повивная скрутка.

Так как разница в структуре этих двух типов кабелей только в том, что в первом типе имеются два пустых заполнителя оптического модуля, а во втором один, выбираем кабель отечественного производства.

Строительную длину кабеля принимаем 6км для обеспечения минимального затухания на линии.

На практике есть несколько способов прокладки Волоконно-оптический кабель с применением бронированных кабелей или различного рода труб: подвеска на опорах линии электропередач (ЛЭП) или опорах контактной сети (КС), прокладка в грунте.

В основном в грунт укладывают кабель бронированный круглой проволокой.

Есть недостатки этого способа: при каждом пересечении надо перематывать кабель с одного барабана на другой; из-за необходимости перемотки кабеля строительный сезон сокращается на период в зимнее время; для увеличения количества волокон нужно прокладывать новую линию, что повышает стоимость увеличения проходимости.

К достоинствам этого способа можно отнести: большое предложение отечественных производителей видов и типов кабелей, и многочисленность подрядных организаций, лицензированных на выполнение этих работ;

Более дорогостоящим, но и более надежным является способ прокладки кабельной линии в защитных пластмассовых трубопроводах. Основными преимуществами укладки бронированного кабеля в пластмассовых трубах являются: в случае необходимости увеличения количества кабелей или их замены не надо проводить земляные работы, так как достаточно протянуть добавочный кабель в готовый трубопровод; при пересечениях преград не надо

перематывать кабель, так как трубу достаточно разрезать и затем соединить муфтой; в связи с отсутствием перематки кабеля строительный сезон увеличивается до больших холодов.

К основным недостаткам относятся: удорожание себестоимости строительства, так как с стоимости более дорогого легкого кабеля добавляется стоимость труб; при эксплуатации возможна разгерметизация трубопровода и в случае попадания в трубопровод воды или грунта практически невозможно отремонтировать без применения специальных муфт.

## 2.2 Структурная схема ВОСП

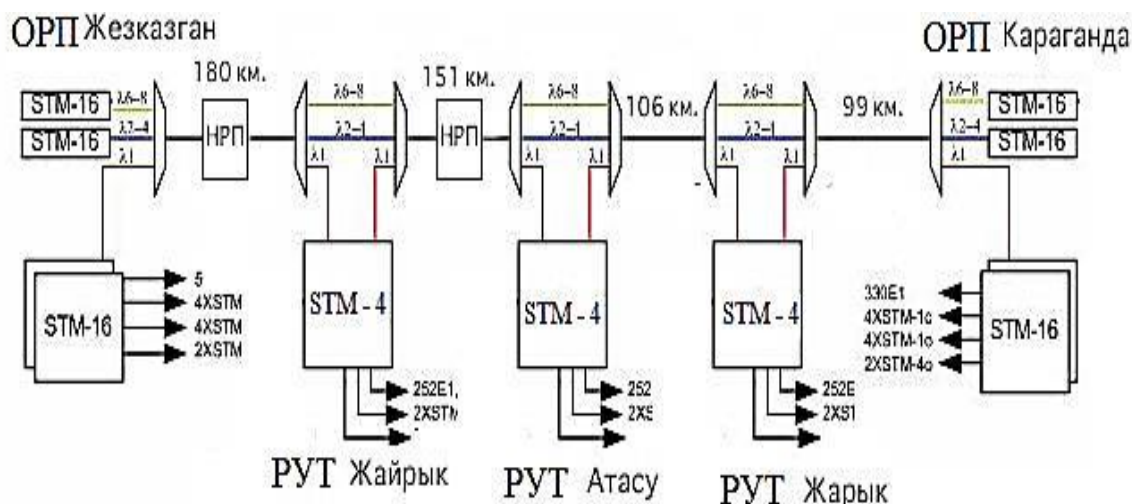


Рисунок 13 – Структурная схема организации связи на участке Караганда-Жезказган

Учитывая общую протяженность трассы Караганда - Жезказган в 536 км, необходимо устанавливать регенерационные пункты.

Минимальная длина регенерационного участка напрямую зависит от выбранного оборудования и выбранного типа кабеля. Для поддержания оптимального уровня сигнала и выделения потоков населенным пунктам устанавливаем 3 ОРП в следующих населенных пунктах:

ОРП-1п. Жарык

ОРП-2п. Атасу

ОРП-3 п. Жайрем

На всей трассе прокладывается оптический кабель марки КС ОКЛ (ZN) 2Y 4×5 E 9/125 0,36 F 3,5+0,22 H 18LG

### 2.2.1 Расчет длины регенерационного участка

С увеличением скорости передачи информации по ВОЛС и их протяженности появляется проблема надежности ВОЛС. Решение этой проблемы напрямую связано с разработкой новых методов и устройств для измерения и контроля характеристик ВОЛС: полного затухания в трактах с определением мест повышенных потерь; дисперсии; рабочего состояния



усилителей света и регенераторов сигналов; мультиплексоров и демультиплексоров.

При проектировании определение длины регенерационного участка ВОЛС производится на основе параметров качества связи и пропускной способности линии после того, как выбрана типовая система передачи и оптический кабель. Качество связи в цифровых системах передачи в первом приближении определяется уровнем флуктуационных шумов на входе фотоприемника и межсимвольной интерференцией, то есть перекрытием импульсов при их уширении. С ростом длины линии уширение импульсов увеличивается, вероятность ошибки возрастает. Таким образом, длина регенерационного участка  $L$  ограничивается либо затуханием, либо уширением импульсов в линии.

Так как строительная длина кабеля ограничена  $L_{\text{стр}} = 6$  км, наиболее длинный участок равен 180 км, общее число неразъемных оптических соединителей на участке равно:

$$N_{\text{НС}} = \frac{L_p}{L_{\text{Стр}}} - 1, \quad (12)$$

где  $L_p$  – длина участка;

$L_{\text{Стр}}$  - строительная длина кабеля.

$$OK = \frac{180}{6} - 1 = 29;$$

Потери на сварных соединениях практически равны нулю.

Найдем длину  $L_a$  по затуханию для интерфейса L-16.2 STM-16

$$A_{\text{max}} = P_1 - P_2; \quad (13)$$

$$A_{\text{max}} = -2 - (-28) = -2 + 28 = 26 \text{ дБм};$$

$$A_{\text{min}} = p_1 - p_2;$$

$$A_{\text{min}} = 3 - (-9) = 3 + 12 = 12 \text{ дБм}.$$

где  $A_{\text{max}}$ ,  $A_{\text{min}}$  (дБ) - максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания аппаратуры ВОСП, обеспечивающее к концу срока службы значение коэффициента ошибок не более  $1 \cdot 10^{-10}$ ;

$P_1$  - min уровень мощности на передаче;

$P_2$  - уровень чувствительности приемника ( $P_2$ ) для ВОСП;

$p_1$  - max уровень мощности;

$p_2$  - уровень перегрузки приемника для ВОСП.

Оптический приемник не может работать на максимальной (пороговой) чувствительности, поэтому зададим определенный диапазон изменения уровня принимаемого сигнала (энергетический запас).



Для определения величины длин участка регенерации применим следующие выражения:

$$L_{amax} < \frac{A_{max} - M - n \cdot \alpha_{pc}}{\alpha_{ок} + \frac{\alpha_{нс}}{L_{стр}}}; \quad (14)$$

$$L_{amin} > \frac{A_{min}}{\alpha_{ок} + \frac{\alpha_{нс}}{L_{стр}}}. \quad (15)$$

где  $L_{amax}$  – максимальная расчетная длина участка регенерации;

$L_{amin}$  – минимальная расчетная длина участка регенерации;

$\alpha_{ок}=0,22$  дБ/км - километрическое затухание в оптических волокнах;

$\alpha_{нс} = 0,05$  дБ - среднее значение затухания мощности оптического излучения неразъемного оптического соединителя на стыке между строительными длинами кабеля на участке регенерации;

$\alpha_{pc} = 0,2$  дБ - затухание мощности оптического излучения разъемного оптического соединителя;

$n=2$  - число разъемных оптических соединителей на участке регенерации;

$M=3$  дБ - системный запас ВОЛП по кабелю на участке регенерации.

$$L_{amax} < \frac{26 - 3 - 2 \cdot 0,2}{0,22 + \frac{0,05}{6}} = \frac{22,6}{0,211} = 107,11 \text{ км};$$

$$L_{amin} > \frac{12}{0,22 + \frac{0,05}{6}} = \frac{12}{0,211} = 56,87 \text{ км}.$$

Количество регенерационных участков равно:

$$N_{py} = \frac{L_p}{L_{amax}} = \frac{180}{107,11} = 1,7 = 2,$$

Следовательно, на участке потребуется 1 регенератор.

Найдем длину участка  $L_B$  по дисперсии:

$$L_B = \frac{4,4 \times 10^5}{\tau \times \Delta\lambda \times B} \text{ км}, \quad (16)$$

где  $\tau = 3$  пс/км - суммарная дисперсия одномодового оптического волокна;

$\Delta\lambda = 0,3$  нм - ширина спектра источника излучения;

$B = 2488$  МГц – скорость передачи цифровых сигналов по оптическому тракту (приложение А).

$$L_{\text{в}} = \frac{4,4 \times 10^5}{3 \times 0,3 \times 2488} = 196,5 \text{ км},$$

Таким образом, выполняется условие:  $L_{\text{в}} > L_{\text{амах}} = 196,5 \text{ км} > 107,11 \text{ км}$ . На трассе по окончании длины регенерационного участка нужно установить дополнительно два необслуживаемых (НРП) регенерационных пункта, один НРП между населёнными пунктами Жезказган и Жайрык, второй между Жайрык и Атасу. По окончании строительной длины кабеля необходимо ставить муфту на сварном соединении.

### 2.2.2 Расчёт параметров надёжности

Основным параметром оценки надёжности ВОСП является плотность или, как еще называется, интенсивность отказов. Определим среднее число отказов ОК из-за внешних повреждений.

$$\lambda_{\text{к}} = \frac{M \times L}{8760 \times 100} \quad (17)$$

где  $\lambda_{\text{к}}$  – интенсивность отказов на 100 км кабеля в час;

$L$  – длина проектируемой магистрали;

8760 – количество дней в году;

$M$  – среднее число отказов кабеля на магистральной сети.

Для кабеля широкого применения

$$M = 0,34,$$

Для бронированного кабеля с повышенными показателями надёжности.

$$M = 0,15 \div 0,2,$$

$$\lambda_{\text{к}} = \frac{0,2 \times 536}{8760 \times 100} = 122,37,$$

Итак, интенсивность отказов единой трассы равно:

$$\lambda_{\text{ЛТ}} = \lambda_{\text{орп}} \times n_{\text{орп}} + \lambda_{\text{каб}} \times L_{\text{км}} + \lambda_{\text{оп}} \times n_{\text{оп}}, \quad (18)$$

где  $n_{\text{орп}}$  – число ОРП на трассе,  $n_{\text{орп}}=3$ ;

$n_{\text{оп}}$  – число ОП на трассе,  $n_{\text{оп}}=2$ ;

$\lambda_{\text{оп}}$  – интенсивность отказов на ОП в час;

$\lambda_{\text{орп}}$  – интенсивность отказов на ОРП в час.

$$\lambda_{\text{ЛТ}} = (122,37 + 30 \times 2 + 27 \times 3) \times 10^{-6} = 263,37 \times 10^{-6}$$

Наработка на отказ линейной трассы в час равна.

$$T_{\text{ЛТ}} = \frac{1}{\lambda_{\text{ЛТ}}}, \quad (19)$$

где  $T_{\text{ЛТ}}$  – наработка на отказ линейного тракта.

$$T_{\text{ЛТ}} = \frac{1}{263,37 \times 10^{-6}} = 3,797 \times 10^3 \text{ часа},$$

Среднее время восстановление линейной трассы связи.

$$T_{\text{ВЛТ}} = \frac{(\lambda \times T_{\text{ВК}} + \lambda_{\text{ОП}} \times n_{\text{оп}} \times T_{\text{ВОП}} + \lambda_{\text{ОРП}} \times n_{\text{орп}} \times T_{\text{ВОРП}})}{\lambda_{\text{ЛТ}}}, \quad (20)$$

где  $T_{\text{ВК}} = 10$  – часов среднее время восстановления одного километра кабеля;

$T_{\text{ВОП}} = 0,5$  часов – среднее время повреждений на ОП;

$T_{\text{ВОРП}} = 0,5$  часов – среднее время повреждений ОРП.

$$T_{\text{ВЛТ}} = \frac{(122,37 \times 10 + 30 \times 2 \times 0,5 + 27 \times 3 \times 0,5) \times 10^{-6}}{263,37 \times 10^{-6}} = 4,9 \text{ часа},$$

Коэффициент простоя при существующих способах восстановления определяется.

$$K_{\text{П}} = \frac{T_{\text{ВЛТ}}}{T_{\text{ЛТ}} + T_{\text{ВЛТ}}}, \quad (21)$$

$$K_{\text{П}} = \frac{4,9}{3797 + 4,9} = 0,00129$$

Теперь можно найти коэффициент готовности линии связи.

$$K_{\text{Г}} = \frac{T_{\text{ЛТ}}}{T_{\text{ЛТ}} + T_{\text{ВЛТ}}}, \quad (22)$$

$$K_{\text{Г}} = \frac{3797}{3797 + 4,9} = 0,999$$

Полученный коэффициент  $K_{\text{Г}}$  соответствует современным параметрам надежности  $K_{\text{Г}} \geq 0,9985$ .

Таблица 5

Интервал времени, t	Вероятность безотказной работы
100	0,999
500	0,993
1000	0,9861
2000	0,9725
3000	0,9591
10000	0,8691
20000	0,7562

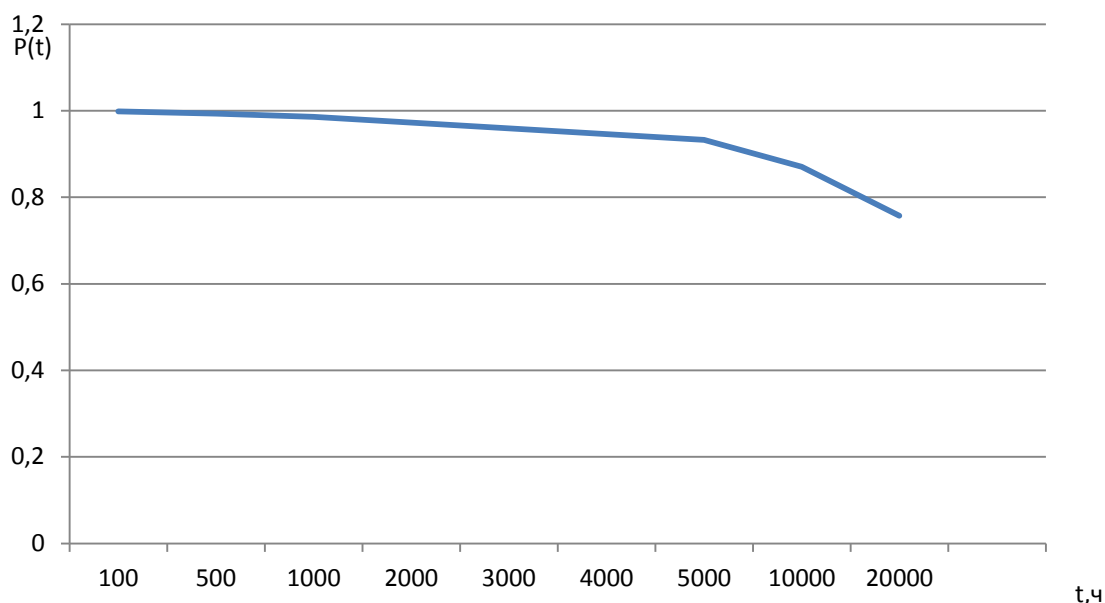


Рисунок 15 – Вероятность безотказной работы ВОЛС

Вероятность безотказной работы определяем для интервалов времени

где  $t_1$  – 1 час;

$t_2$  – 1000 часов;

$t_3$  – 3000 часов;

$t_4$  – 20000 часов.

Общая надежность – коэффициент оперативной готовности ВОЛС

$$H = P(t) \times K_{\Gamma}, \quad (23)$$

где  $H$  – коэффициент надежности;

$K_{\Gamma}$  – коэффициент готовности;

$H=0,9994$  для каналов ОЦК современной цифровой сети.

Для интервала времени  $t=1$  час

$$P = 0,9987 \times 0,9994 = 0,99981$$

Если допустим в каждом ОРП (РУТ) размещается ремонтно-восстановительная бригада и уменьшая время восстановления на линий до 6

часов, то можно добиться повышения значения коэффициента готовности, а значит увеличится надежность системы.

То получим среднее время восстановления связи:

$$T_B = \frac{122,37 \times 6 + 30 \times 2 \times 0,5 + 27 \times 3 \times 0,5) \times 10^{-6}}{263 \times 10^{-6}} = 3,06 \text{ часа.}$$

### **2.3 Расчёт параметров надёжности в программе Mathcad**

Mathcad является популярным математическим редактором, позволяющим производить различные инженерные расчеты: от элементарной арифметики до реализации сложных численных методов.

Выполним расчеты параметров надежности ВОСП в программе Mathcad.

В этой программе интерфейс пользователя сходен с другими приложениями Windows, поэтому Mathcad очень просто использовать. Математические выражения и текст вводятся с помощью формульного редактора на любом месте документа, щелкнув в нем мышью. Поставив знак равенства, получим результат искомого значения, так как расчеты производятся немедленно в соответствии с введенными формулами.

Внешний вид программы с введенными данными по параметрам надежности волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) изображен на рисунке 16.

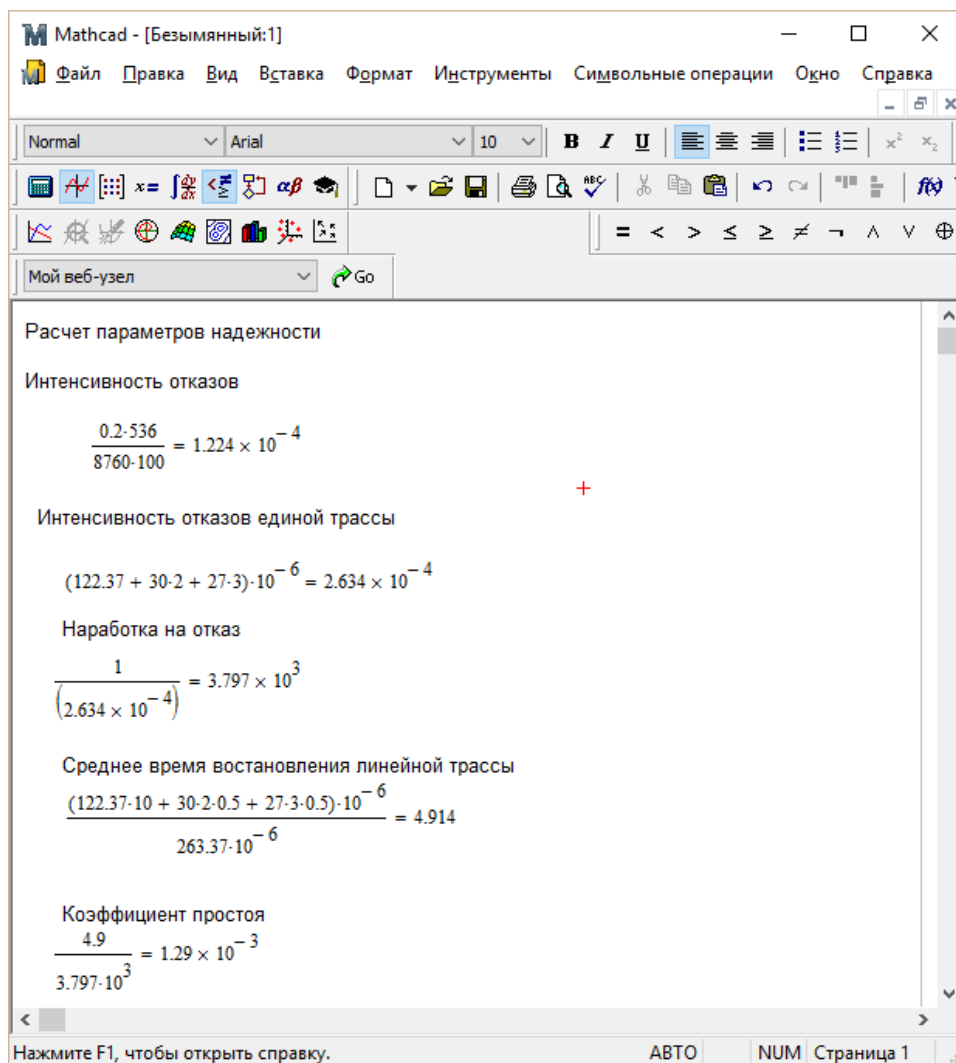


Рисунок 16 – Окно программы с введенными данными по параметрам надежности ВОЛС

В Mathcad можно легко построить двумерные графики, отображающие введенную функцию. Для построения графика вероятности безотказной работы ВОЛС нужно щелкнуть мышью на свободном месте и выбрать пункт «График-Х-У Зависимость» из меню «вставка». В окне появится пустой график с полями ввода для данных: коэффициент готовности линии связи и временные интервалы. В поле под серединой оси абсцисс нужно ввести имя переменной  $t$ , щелкнув в поле напротив середины оси ординат, ввести  $P(t)$ . После щелчка мышью вне графика программа вычисляет и строит точки графика.

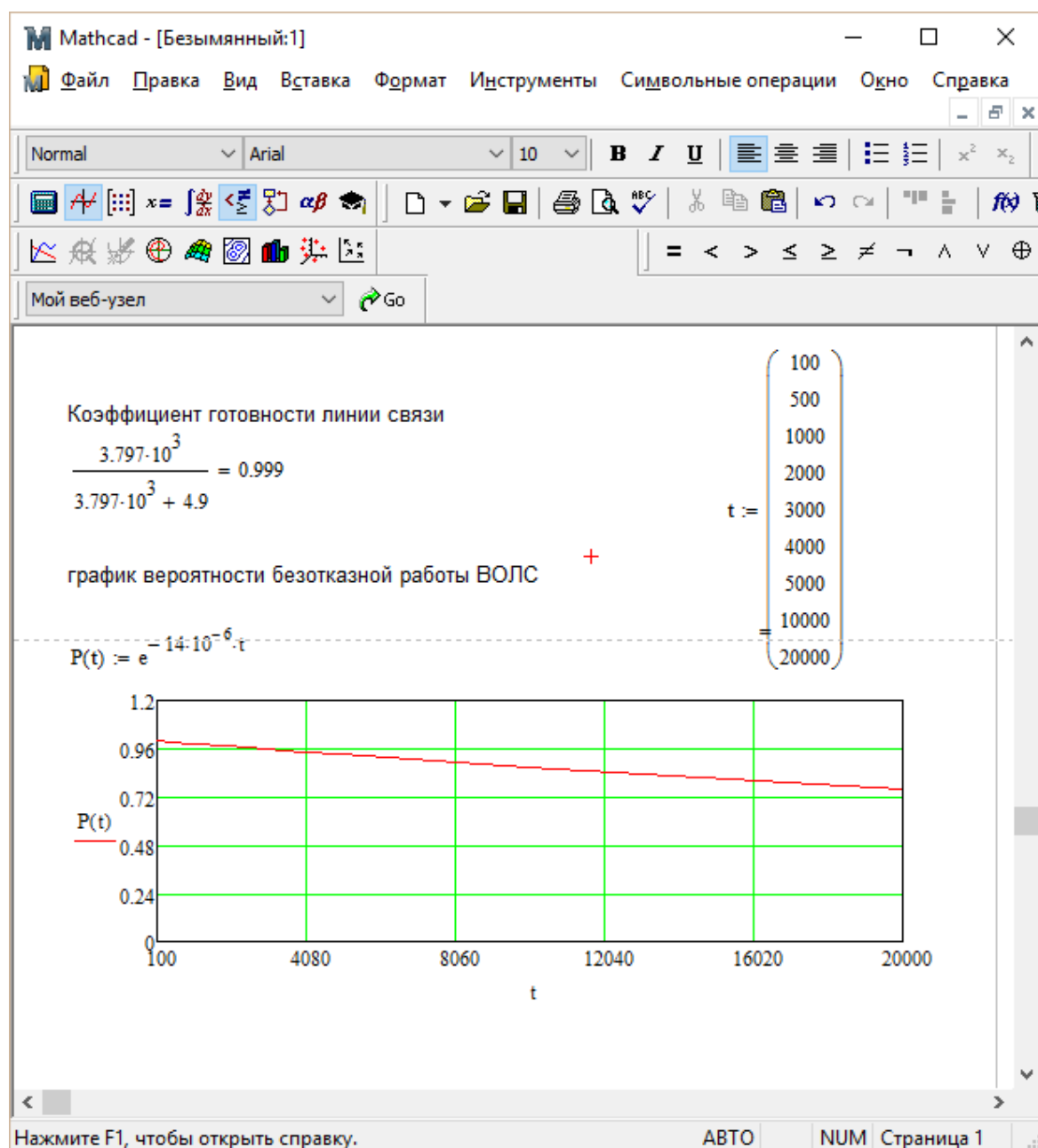


Рисунок 17 – Окно программы с построенным графиком вероятности безотказной работы ВОЛС



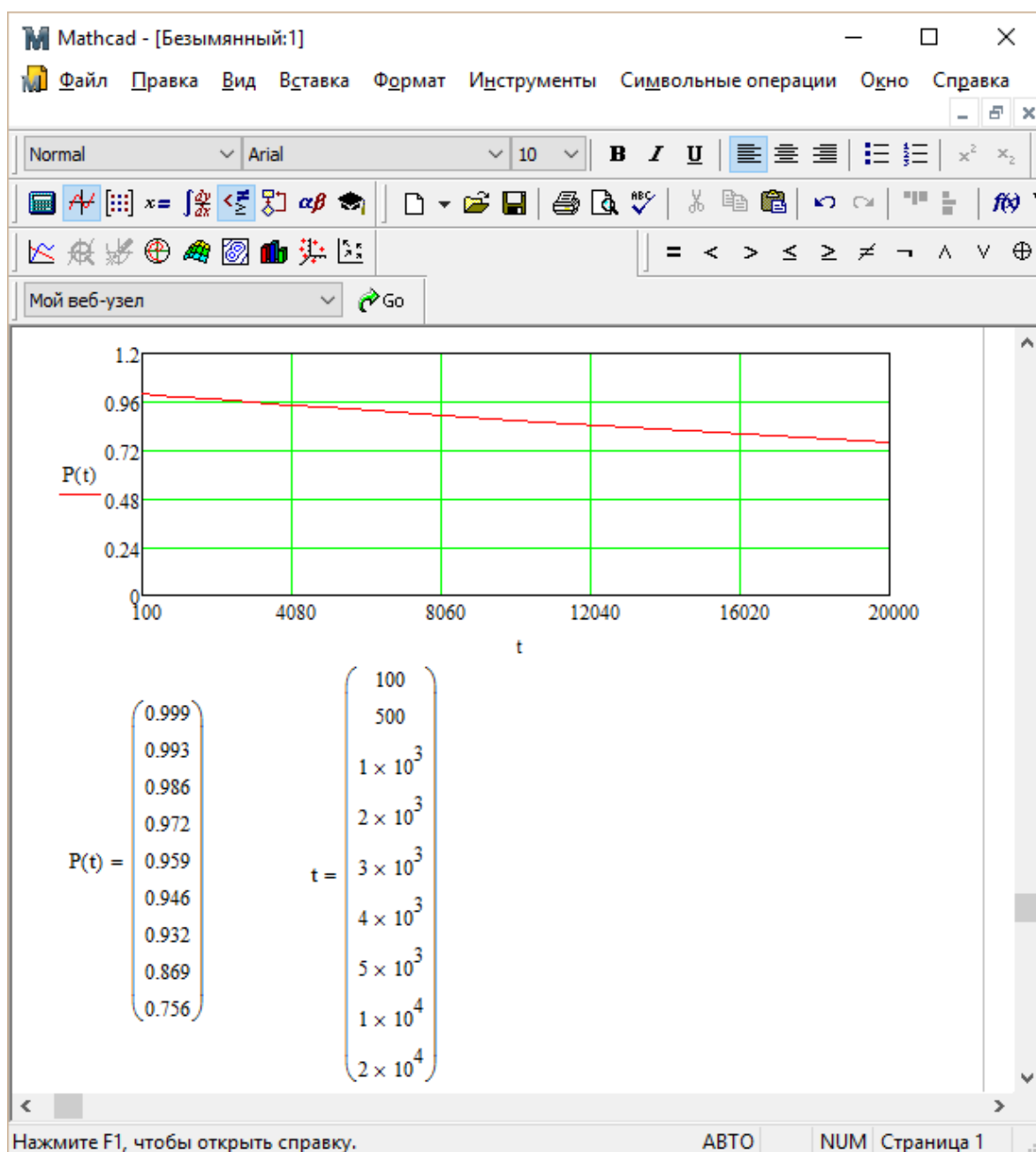


Рисунок 18 – Окно программы с построенным графиком вероятности безотказной работы ВОЛС – продолжение.

### 3 Организация строительства линии связи и оценка воздействия на окружающую среду

#### 3.1 Организация строительства ВОЛС

Общие сведения о монтаже ВОК.

Основные правила прокладки волоконно-оптических линий связи ВОЛС имеют ряд особенностей и напрямую зависят от типа оптоволоконного кабеля, объекта его монтажа, а также от способа его прокладки. Так к примеру, для монтажа кабеля внутри зданий применяют мягкий универсальный ОК, при воздушной прокладке по опорам применяют специальный подвесной кабель, а

для монтажа кабеля в канализации и грунтах необходимо использовать тяжелый кабель с бронированной оболочкой для защиты от внешнего воздействия.



Рисунок 19 - Воздушная подвеска ВОК

Технология прокладки ВОЛС зависит от выбора трассы. На проектируемой трассе могут быть участки, где необходимо прокладывать линию и по опорам, и в открытый грунт, в кабельную канализацию. А при прохождении кабельной линии через автомобильные пересечения часто применяют способ прокола – горизонтального бурения.

В моем дипломном проекте выбран способ подземной укладки кабеля непосредственно в грунт. При этом способе перед укладкой кабеля производят разработку траншей глубиной около одного метра. Затем кабель укладывают с запасом по длине в местах соединения и на концах кабельной линии.

В соответствии с Правилами прокладки ВОЛС процесс прокладки ВОК состоит из двух этапов: подготовительного и основного монтажного. На первом подготовительном этапе проводится входной контроль на соответствие паспортным данным маркировки и строительной длины кабеля, внешний осмотр целостности барабанов и концов кабеля. Если видимые повреждения изоляции кабеля отсутствуют, то специальным оборудованием (обычно оптическими рефлектометрами) проводят измерение оптических характеристик кабеля: замеряют погонное затухание, а при металлической оболочке проводят испытание электрической прочности изоляции, результаты которых надо сравнить с паспортными данными.



Рисунок 20 - Размотка кабеля вручную

Для чистоты проверки и исключения влияния внешнего воздействия атмосферных явлений измерения необходимо проводить в теплом закрытом помещении, специально оборудованном. В зимних условиях, до начала измерений кабель связи должен пролежать в помещении не менее 3-4 часов. После проведения испытаний концы кабеля обязательно надо герметично заделать.

Строительные длины кабелей характеризуются строительными длинами и конструктивными данными, такими как марка кабеля, тип оптоволокну, вид защитного покрытия. В конце первого этапа должна быть составлена укладочная ведомость, в которой записывают № барабана, марку кабеля, наименование завода-изготовителя, длину кабеля в барабане, измеренную величину затухания строительной длины кабеля, дату и № протокола испытаний в строительных условиях.

#### Прокладка ВОК в грунт

В состав монтажных работ входят непосредственно прокладка кабеля и устройство его соединений в одну общую линию. При этом имеется пропорция: чем меньше количество муфтовых соединений, тем меньше величина затухания, и тем больше однородность характеристик кабельной линии в целом.

Глубину укладки в грунт оптических кабелей принимают 1,2 м от уровня земли для грунтов I –IV группы. На линиях первичной сети связи, линиях проводного вещания первого класса и на сельских соединительных линиях для электрических кабелей связи глубина укладки может быть 0,9 м.

При бестраншейном способе укладки кабеля чаще всего используют ножевые кабелеукладчики. В процессе работы с этими механизмами невозможно повреждение кабеля, так как на выходе из кассеты обеспечен необходимый радиус изгиба кабеля. Однако, если на трассе имеются валуны, скальные породы, корни деревьев или просто грунт повышенной плотности, то необходимо сначала выполнить пропоруку грунта.



Рисунок 21– Кабелеукладчик

Во избежание повреждения оболочки кабеля внутренняя часть и крышка кассеты должны быть зачищены от всевозможных острых выступов, таких как сварные швы, заусенцы.

Чтобы не испачкать кассету, предназначенную для оптического кабеля, битумными и меловыми изоляционными оболочками других видов кабелей, ее нельзя применять для их прокладки. Кассету необходимо содержать в чистоте, и каждый раз после прокладки строительной длины осматривать и очищать ее с внутренней стороны.

Установив барабан на кабелеукладчик, необходимо создать слабину на витках кабеля, чтобы не порвать кабель при начале вращения барабана. Монтажники должны следить за процессом укладки кабеля на проектную глубину без его натяжения. Особенно тщательно нужно следить за равномерной раскруткой кабеля при укладке кабеля на участках со сложным рельефом, в заболоченных местах, так как ход кабелеукладчика будет затруднен.

Для обеспечения лучшего тягового усилия и сцепления тракторов с грунтами на заболоченных местах применяется сцепка тракторов по типу «елка». Эту сцепку делают для того, чтобы тракторы, которые следуют за головным, передвигались уже по не разрыхленному грунту. При пересечении кабельной линии с искусственными препятствиями (автодороги, железные дороги, трубопроводы, другие кабели) надо выкопать котлован. Затем барабан с кабелем переносится с кабелеукладчика к бровке котлована, где и устанавливается на специальные козлы. Кабелеукладчик без барабана передвигается на другую сторону за препятствием. Заложить кассету в кабелеукладчик и продолжить укладку кабеля в грунт можно, только после того, как кабель в виде «петли» будет пропущен под препятствие. Нижний конец кабеля укладывается на заданную глубину, а верхний конец сматывается с барабана. Таким образом, проходят и последующие пересечения с другими подземными сооружениями.

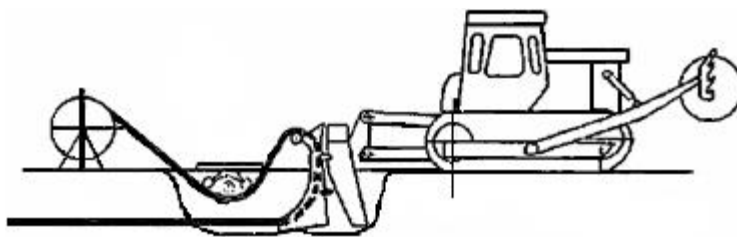


Рисунок 22 – Бестраншейный способ прокладки кабеля.

Для предотвращения повреждений подземных сооружений, через которые надо перейти, необходимо принять все меры предосторожности.

Также бестраншейным способом с заглублением кабеля до 1,2 м при помощи прицепных ножевых кабелеукладчиков можно проложить кабельную линию через водоемы со скоростью течения до 1,5 м/с, плавным рельефом, шириной не более 300 м, глубиной от 0,8 до 6,0 м; дно которых не засорено валунами и крупными топляками, грунты не выше IV группы.

#### Прокладка ВОК в пластмассовых трубах

Прокладка волоконно-оптического кабеля в пластмассовых трубах имеет ряд достоинств:

- удешевление затрат, так как облегченные конструкции ОК имеют строительные длины 4-6 км км;
- увеличение длительности сезона работ в зимний период на строительстве ВОЛС, так как сначала отдельно от кабеля прокладываются трубы через болотистую местность и через подземные сооружения;
- повышение надежности кабельной линии, так как трубы защищают кабель от механических воздействий;
- сокращение сроков строительства, так как на участках со стесненными условиями работ, где невозможно применить кабелеукладчик, трубы прокладываются в подготовительный период;
- снижение затрат на эксплуатацию машин и механизмов при прокладке ОК, так как существенно уменьшается количество перемоток кабеля на пересечениях с подземными препятствиями;
- уменьшение трудозатрат в период эксплуатации ВОЛС на устранения повреждений кабеля.

Кабель возможно протянуть как в новый, так и уже существующую кабельную канализацию. При прокладке кабеля или его демонтаже в существующем трубопроводе нет необходимости проводить земляные работы. С этой целью при прокладке новых линий используют трубы с диаметром возможно большим, чем это необходимо для прокладываемой трассы.

Прокладывать трубопроводы можно несколько ярусов, есть два способа:

- укладка каждого трубопровода последующего ряда над трубопроводом предыдущего ряда производится так, чтобы продольные оси рядов находились в одной вертикальной плоскости;

—укладка каждого трубопровода последующего ряда над трубопроводом предыдущего ряда производится со смещением на половину расстояния между продольными осями трубопроводов в ряду - влево смещаются трубопроводы второго ряда по отношению к трубопроводам первого ряда; вправо смещаются трубопроводы третьего ряда по отношению к трубопроводам второго ряда и т. д..

После укладки в грунт секции трубопровода на пластмассовых соединительных муфтах строительной длиной 4-6 км, трубопровод испытывают в течение 48 ч избыточным давлением 0,05 Мпа .

Минимальная глубина заложения трубопровода вдоль обочины автомобильных и железных дорог, а также на перегонах и станциях равна 1,1 м от поверхности, а в междупутье на станциях 0,7 м. Глубину прокладки трубопровода контролируют с помощью мерной планки или других специальных измерительных приспособлений на прямых участках трассы через каждые 40-50 м , на поворотах через 20-30 м .

Скорость движения трубоукладчика при прокладке трубопровода должна не превышать 5 км/ч, Движение должно быть равномерным, без резких рывков и торможений.

Разработку траншей для прокладки трубопроводов выполняют обычно механизированным способом с использованием траншеекопателей, траншейных экскаваторов, одноковшовых экскаваторов и буровых машин (при проколах).

Глубина траншей увеличивается при прокладке трубопроводов в несколько ярусов (рядов) за счет устройства постели толщиной 0,05 м между ярусами трубопроводов.

Ширина проектируемой траншеи зависит от количества прокладываемых трубопроводов.

Расстояние от трубопровода проектируемой кабельной линии до обочины автодороги в среднем равно 5 м. Это обеспечит сохранность его при различных автодорожных работах (устройство объездов, ремонт и т.д.) и создаст дополнительные удобства при строительстве и эксплуатации трассы, так как обеспечивает беспрепятственный доступ к любому участку кабельной магистрали.

Монтаж волоконно-оптических кабелей связи

Монтажные работы состоят из прокладки оптоволоконного кабеля и соединения в единую линию его сегментов.

Есть два способа соединения кабеля:

—сварка - при сварке оптических волокон сварочными аппаратами для оптоволокна сначала надо разделить кабель и подготовить оптическое волокно, затем сколоть волокна высокоточным скалывателем, потом сварить их, и наконец оценить результаты на соответствие требованиям. Сварные соединения считаются самыми надежными соединениями, так как при использовании этого способа значительно уменьшаются потери на сварном



соединении до 0,01dB. Этот способ активно применяется на магистралях и в сетях доступа.

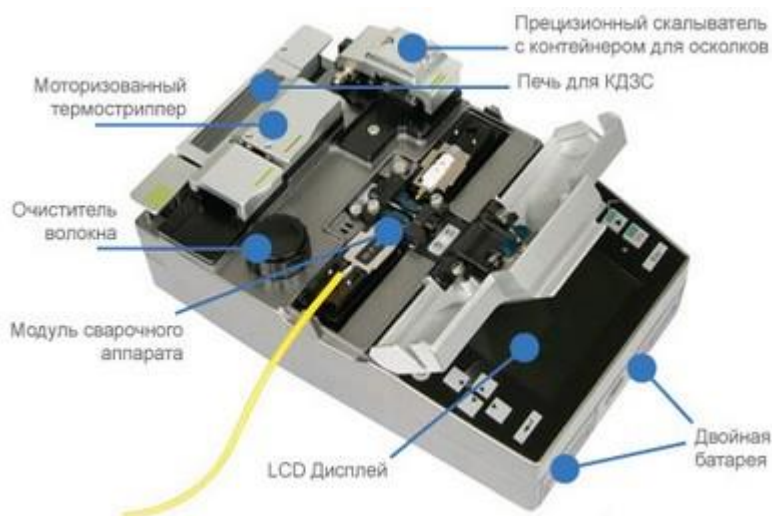


Рисунок 23 – Сварочный аппарат

—механическое совмещение - способ механического соединения путем сращивания волокон внутри механического соединителя. При соединении волокна скрепляются защелками, пространство между волокнами заполняется специальным иммерсионным гелем. Этот гель имеет аналогичные с сердцевиной оптического волокна оптические характеристики, поэтому в местах соединения получают минимальные затухание и отражение. Способ монтажа механических соединителей намного проще сварки, однако, оптические характеристики соединений со временем ухудшаются после высыхания геля, и такой соединитель требуется заменить. Применение такого способа важно в взрывоопасных местах, например, в шахтах, так как там нельзя применять сварочный аппарат, который сращивает волокна при помощи дугового разряда электрода.

### **3.2 Охрана труда при строительстве волоконно-оптической линии связи**

На любом производстве, в том числе и при строительстве ВОЛС, постоянно должны приниматься меры по безопасности условий работы, снижению числа несчастных случаев и травматизма на производстве. Это и контроль состояния техники, машин и механизмов, и обучение рабочих безопасным методам работы и создание наиболее благоприятных условий для труда, и разработка способов максимального сокращения ручного и тяжелого физического труда.

Всем работникам на строительстве ВОЛС перед началом работы необходимо пройти вводный и первичный инструктаж. Вновь принятые работники допускаются к производству только после обязательного предварительного медицинского осмотра, а также должны иметь группу по электробезопасности в соответствии с занимаемой должностью.

В период проведения работ монтажники и механизаторы должны проходить повторные, внеплановые и целевые инструктажи, а также периодические медицинские осмотры.

Обязательно проведение специального обучения и стажировка перед самостоятельным выполнением верхолазных работ работниками монтажной организации.

Руководить бригады по монтажу ВОЛС с кабелями, подвешенными на опорах контактной сети, должен иметь квалификацию электромонтера – линейщика не ниже третьего тарифного разряда, и не менее одного года опыта работы по специальности. А руководитель монтажных работ должен иметь группу по электробезопасности IV и выше.

Монтажники линейно–кабельных сооружений и станционного оборудования ВОЛС должны знать: технику безопасности при выполнении погрузочно-разгрузочных работ при наземных работах, при прокладке оптического кабеля в кабельной канализации и грунте, при монтажно-измерительных работах и соблюдать правила пожарной безопасности.

При работе с ВОЛС погрузочно-разгрузочные работы проводятся в соответствии с технологическими инструкциями и Межотраслевыми правилами по охране труда. Ответственный надзор за безопасное выполнение работ осуществляет назначенный инженерно-технический работник.

При подъеме на высоту более трех метров и передвижении грузов массой более 20 кг выполнять погрузочно-разгрузочные работы должны при помощи кранов и погрузчиков, а также использовать средства малой механизации. Работникам запрещено находиться в зоне возможного падения, смещения или опрокидывания грузов.

Стоящий под погрузкой - разгрузкой транспорт должен быть надежно закреплен.

Все погрузочно-разгрузочные работы необходимо выполнять в рукавицах и в касках.

Запрещено использовать доски толщиной менее 5 см при погрузке грузов вручную на транспортные средства вручную.

Масса перемещаемого груза при погрузке и разгрузке барабанов с кабелем подъемным краном не должна превышать грузоподъемности крана и применяемых строп.

Общая масса перевозимых грузов не должна превышать грузоподъемности автомобиля.

Запрещена разгрузка барабанов путем свободного скатывания или сбрасывания на землю.

Запрещена перевозка людей в кузове автомашин, груженых барабанами с кабелем или пустыми барабанами.

Рабочий проект ВОЛС должен быть согласован в установленном порядке со всеми предприятиями, находящимися в зоне прокладки кабельной линии. Вести строительство каких-либо объектов в охранной зоне действующих коммуникаций запрещено.



Перед началом проведения земляных работ вблизи существующих подземных коммуникаций на строительную площадку вызывается ответственный представитель организации, осуществляющей эксплуатацию этих коммуникаций. В его присутствии уточняется на месте линия трассы и производится пробное шурфование.

Если при производстве земляных работ появились какие-либо признаки наличия взрывоопасных веществ, то работу нужно прекратить. До определения характера вещества и устранения опасности необходимо эвакуировать с места работ всех работников.

Глубина траншеи с вертикальными откосами без крепления не должна превышать 1 м в насыпных, песчаных и галечниковых грунтах; 1,25 м - в супесях и суглинках; 1,5 м — в глинистых грунтах; 2 м — в особо плотных грунтах. Если глубина траншеи превышает нормативную глубину, то необходимо изменить крутизну откосов, либо укрепить их. Обязательно крепление откосов в переувлажненных песчаных, лессовых и насыпных грунтах.

Для доработки грунта вручную применяются лопаты с деревянными рукоятками из твердых пород дерева и ломы с бронзовым наконечником.

Прокладку кабеля производят в соответствии с СНиП. Приказом руководителя подрядной организации назначается ответственный представитель, который должен постоянно находиться на строительной площадке.

Если в труднодоступных местах невозможна механизированная прокладка кабеля, то при переноске кабеля вручную рабочие должны находиться по одной стороне кабеля. Вес переносимого кабеля на одного рабочего не должен превышать 20 кг.

Разматывать кабель с барабана движущегося транспортера нужно непосредственно вблизи траншеи. Поправлять кабель на поворотах вручную запрещено, также нельзя находиться работнику внутри образовавшегося кабельного угла. Прокладывать кабель механизированным способом кабелеукладчиками можно только на участках, где нет подземных сооружений. Кабелеукладчики должны работать в исправном состоянии. Использовать неисправные машины и механизмы запрещено.

Все машины механизированной колонны должны иметь сигнальные приборы или флажки. Бригадир колонны отвечает за организацию систему сигнализации. Находиться на кабелеукладчике разрешается только в строго отведенных для работы площадках и сидениях. Проверять исправность кабеля на заднее рабочей площадке можно только во время остановки колонны и с разрешения бригадира.

Работать в подземных сооружениях, таких как смотровые кабельные колодцы и коллекторы и прочие, следует звеном или бригадой, которая состоит не менее чем из двух человек, имеющих допуск. Перед спуском в подземное сооружение обязательна проверка на наличие опасных газов.

Отрывать люки существующих сооружений нужно с помощью крюков и ломов с медными наконечниками.

Все члены бригады должны иметь спасательное снаряжение – пояс с лямками и трос; лестница для спуска должны быть надежно установлена. На открытых подземных сооружениях, в которых проводится работа, необходимо установить со всех сторон переносные барьеры-ограждения. Если открытое сооружение находится на проезжей части дороги, то ограждения устанавливают навстречу движению транспорта. На расстоянии 10-15 м от люка навстречу движению транспорта должны быть установлены предупредительные знаки, при необходимости световые сигналы.

На поверхности земли должен остаться рабочий, который обязан наблюдать за рабочими, которые спустились в колодец или другое сооружение, и через каждый час работы в колодце проверять качество воздуха.

Работы по прокладке кабеля через пересечения способом скрытой проходки выполняют строго по согласованному и утвержденному рабочему проекту. Нельзя проводить работы по горизонтальному бурению в зоне существующего газопровода.

Откосы котлованов для установки оборудования горизонтальной проходки крепятся распорками из досок толщиной 40 -50 мм или готовыми опорными щитами.

Расстояние между проектной линией связи и существующими подземными коммуникациями при параллельной прокладке в футляре не должно быть менее 5 м.

В состав механизмов, задействованных при строительстве, обязательно входит специальная передвижная лаборатория для монтажа и измерений, оборудованная приточно-вытяжной вентиляцией. Обычно в ней находится комплект для сварки волокон, набор инструментов, растворитель нефрас 50/170 в металлической емкости. Процесс монтажа или измерения начинается со снятия оболочки, затем удаляется гидрофоб при помощи нефраса 50/170, концентрация которого не должна превышать  $300 \text{ мг/м}^3$ .

Нефрас С-50/170 (ГОСТ 8505-80) — бензин, который используют как растворитель смешанного типа, содержит не более 50 % углеводородов каждой из групп. Нефрас С-50/170 быстро растворяет органические соединения и быстро испаряется, предназначен для промывки деталей и снятия консервирующих покрытий. При работе с Нефрасом 50/170 строго выполняют требования пожарной безопасности, так как бензин это легко воспламеняющаяся жидкость.

При сварке или измерении на волоконно-оптическом кабеле необходимо пользоваться средствами защиты, также необходима осторожность со сколотым оптическим волокном, чтобы острые частицы волокон не попали на тело. После окончания работ рабочее место следует пропылесосить.

Повсеместно на трассе необходимо соблюдать правила пожарной безопасности. Главный инженер подрядной организации является ответственным за организацию и проведение Пожарно-профилактической работы пожарно-технической комиссии.

Во время заправки механизмов обязательно требуется отключить все двигатели. Категорически запрещается курить во время заправки и пользоваться открытым огнем. Машины и механизмы должны находиться в исправном состоянии, не искрить, и оборудованы огнетушителями

Складские зоны, где хранятся барабаны с кабелем, ГСМ в плотно закрытой таре, и бытовые городки должны быть оборудованы пожарными щитами, ящиками с песком и огнетушителями, должны содержаться в чистоте и порядке, мусор должен вывозиться в специально отведенные места.

Выполнение требований техники безопасности при строительстве кабельных линии связи существенно снижают количество несчастных случаев на производстве.

Выполнение требований инструкций по охране труда обязательно для всех участников технологического процесса по строительству ВОЛС.

### **3.3 Оценка воздействия на окружающую среду при строительстве ВОЛС**

Оценка воздействия на окружающую среду ОВОС – это оценка возможных последствий хозяйственной или иной деятельности для окружающей среды и здоровья человека.

Согласно «Положению об оценке воздействия на окружающую среду в Республике Казахстан», «Руководства по экологической экспертизе пред проектной и проектной документации» проектируемая ВОСП не относится к экологически опасным объектам хозяйственной деятельности. Все компоненты ВОСП в период строительства и эксплуатации не создают вредных внешних электромагнитных или иных излучений, вибраций, а материалы, используемые в конструкциях оборудования и аппаратуры и оптических кабелей, не выделяют вредных химических веществ и биологических отходов. Новейшие разработки аппаратуры станционного оборудования, которые устанавливаются на узлах связи, исключают шумы, вибрации и иные вредные физические воздействия.

Оценка воздействия на атмосферный воздух

В связи с применением в ВОСП волоконно-оптического кабеля, объект является экологически безопасным, который не загрязняет воздушную среду и атмосферу. Только при строительстве будут наблюдаться короткое время выбросы загрязняющих веществ в воздушную среду от транспортных средств и механизмов. Это явление носит кратковременный характер, и количество этих выбросов намного меньше выбросов проходящего по автодороге транспорта.

Вывод: в период строительства и эксплуатации линии связи и ВОСП исключается воздействие на атмосферный воздух. Учитывая изложенное, нет

необходимости производить расчеты концентрации в атмосферном воздухе загрязняющих веществ.

#### Оценка воздействия на поверхностные и подземные воды

При пересечении кабельной линией водных преград нормами проектирования предусмотрены меры, при которых в наименьшей степени страдают водоемы. Работы выполняются кабелеукладчиком на спланированной поверхности берегов. После выполнения всех работ по прокладке ВОЛС рельефа и плодородный слой восстанавливаются и так, чтобы береговые линии и водные режимы выше перечисленных водоемов были неизменны.

Кратковременное воздействие на прозрачность воды во время укладки кабеля не оказывает большого отрицательного влияния на поверхностные воды. В период эксплуатации волоконно-оптический одномодовый кабель не оказывает никакого влияния, так как произведен из экологически чистых материалов. Вывод: загрязнение подземных вод исключено.

#### Оценка воздействия на почвы

Только в период строительства будет наблюдаться короткое время воздействие загрязняющих веществ на почву от транспортных средств и механизмов (загрязнение почвы нефтепродуктами). Однако после проведения всех работ с использованием кабелеукладчика не требуется рекультивации, так как наносится минимальное и кратковременное воздействие на почву. Поэтому значимых нарушений почвенного слоя не предусматривается. При разработке траншей и котлованов экскаваторами или вручную плодородный слой снимают и перевозят его в отвалы. После укладки кабеля и восстановления рельефа почву возвращают и проводят ее рекультивацию, засеивают травами. В период эксплуатации ВОСП не отмечается какое-либо воздействие на почву, так как волоконно-оптический одномодовый кабель произведен из экологически чистых материалов. Вывод: загрязнение почвы и существенное изменение почвенного покрова исключено.

#### Оценка воздействия на растительный и животный мир

В Карагандинской области на участке строительства фауна и флора не разнообразна, дикие крупные млекопитающие встречаются очень редко, лишь в период миграций. Трасса расположена вдоль автомобильной дороги, поэтому разрушение гнезд и нор минимально. Если учесть короткий жизненный цикл характер репродукции мелких видов животных, которые могли бы пострадать во время короткого периода ведения работ, то ущерб для окружающей среды будет незначительным. Вывод: воздействие на растительный и животный мир сводится к нулю в период строительства, а в период эксплуатации полностью отсутствует.

## 4 Безопасность жизнедеятельности

В данном дипломном проекте рассматривается: организация связи в офисном помещении на базе платформы NEC. Данный метод установки связи сократит стоимость и облегчит соединение сотрудников в данном помещении. Технический персонал состоит из группы инженеров-разработчиков, монтажников и инженеров мониторинга находится в помещении офисного типа. В связи с этим необходимо рассмотреть вопросы создания оптимальных условий работы, хорошее самочувствие и сохранение здоровья. Необходимо учесть физическую степень тяжести работ, размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней людей в течении рабочего дня. Расчеты проводятся с учетом максимального присутствия людей в помещении.

### 4.1 Анализ условий труда в офисном помещении

Помещение имеет достаточную освещенность, здесь имеются 2 окна по 4 м<sup>2</sup> каждое. А так же лампы искусственного освещения, дающие достаточное количество света.

В данном расчете мы берем максимальное число присутствующих людей. Это 3 инженера-разработчика; 3 монтажника; 3 инженера мониторинга. Каждый имеет ПК на своем рабочем месте, которые в свою очередь тоже выделяют тепло. Весь персонал работает за компьютерами, в положении сидя. Рабочий день длится 8 часов, с перерывом на обед.



Рисунок 24 – План помещения

Подводя итог, можно сказать, что в помещении имеется 9 компьютеров, за которыми работают люди в положении сидя. Итого по помещению:

- помещение находится на шестом этаже;
- размеры рабочего помещения: длина 10 м, ширина 10 м, высота 2.8 м;
- остекление помещения – двойное (2 окна по 4 м);
- вид положения работ: сидя;
- расчетное время суток: 11-12;

Требования технологического кондиционирования воздуха базируется на производственной необходимости поддержания определенных параметров воздушной среды (температуры, влажности и подвижности воздуха). Кондиционирование обеспечит нормальные микроклиматические условия в рабочем помещении, соответствующие нормам.

## 4.2 Расчет систем кондиционирования

В помещения различного назначения действуют в основном тепловые нагрузки, возникающие снаружи помещения (наружные); а так же тепловые нагрузки, возникающие внутри здания (внутренние).

## 4.3 Наружные тепловые нагрузки

Данные нагрузки представлены следующими составляющими:

- телопоступления или тепло потери в результате разности температур снаружи и внутри здания через стены, потолки, полы, окна и двери.
- разность температур снаружи здания и внутри него летом является положительной, в результате чего имеет место приток тепла снаружи во внутрь помещения; и наоборот – зимой эта разность отрицательна и направление потока тепла меняется;
- телопоступление от солнечного излучения через застекленные площади; данная нагрузка проявляется в форме ощущаемого тепла;
- телопоступления от инфильтрации.

В зависимости от времени года и времени суток наружные тепловые нагрузки могут быть положительными.

Телопоступления и тепло потери в результате разности температур определяются по формуле:

$$Q_{огр} = V_{пом} \times X_0 \times (t_{Нрасч} - t_{Врасч}), Вт, \quad (24)$$

где  $V_{пом}$  – объем помещения,  $м^3$ ;

$$V_{пом} = 10 \times 10 \times 2,8 = 280 м^3;$$

$X_0$  – удельная тепловая характеристика,  $Вт/м^3 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$$X_0 = 0,42 Вт/м^3 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$t_{Нрасч}$  – наружная температура. Для холодного периода – средняя температура самого холодного месяца в 13 часов, для теплого периода – средней температуре самого жаркого месяца в 13 часов.

$t_{\text{Врасч}}$  - внутренняя температура, выбирается с учетом комфортных условий или технологических требований, предъявляемых к производственным процессам.

Для теплого времени года:

$$t_{\text{Нрасч}} = 27,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{Врасч}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{огр}} = 280 \times 0,42 \times 5,6 = 658,6 \text{ Вт,}$$

Для холодного времени года:

$$t_{\text{Нрасч}} = -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{Врасч}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{огр}} = 280 \times 0,42 \times 45 = 5292 \text{ Вт,} \quad (25)$$

Избыточная теплота солнечного излучения в зависимости от типа стекла почти до 90% поглощается средой помещения, остальная часть отражается. Максимальная тепловая нагрузка достигается при максимальном уровне излучения, которое имеет прямую и рассеянную составляющие. Интенсивность излучения зависит от ширины местности, времени года и времени суток.

Теплопоступление от солнечного излучения через остекление определяется по формуле:

$$Q_p = (q^I F_0^I + q^{II} F_0^{II}) \times \beta, \quad (26)$$

где  $q^I, q^{II}$  – тепловые потоки от прямой и рассеянной солнечной радиации, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_0^I, F_0^{II}$  – площади светового проема, облучаемые и не облучаемые прямой солнечной радиацией, м<sup>2</sup>;

$\beta_{\text{с.з.}}$  – коэффициент теплопропускания.

$$\beta_{\text{с.з.}} = 0,15.$$

$$Q_p = q^I F_0 \cdot \beta_{\text{с.з.}} = (q_{\text{вп}} + q_{\text{вр}}) \times K_1^c \times K_2 \times \beta_{\text{с.з.}} \times n \times S_0, \text{ Вт,} \quad (27)$$

где  $q_{\text{вп}}, q_{\text{вр}}$  – тепловые потоки от прямой и рассеянной радиации, Вт/м<sup>2</sup>

$$q_{\text{вр}} = 59 \text{ Вт/м}^2;$$

$F_0 = n S_0 = 2 \cdot 4 = 8 \text{ м}^2$  – площадь светового проема (  $n$  – число окон;  $S_0$  – площадь 1 окна);

$K_1$  – коэффициент затемнения остекления переплетами ( $K_1^c$  – для облученных проемов).

$$K_1^c = 0,72;$$

$K_2$  – коэффициент загрязнения остекления;

$$K_2 = 0,95.$$

Тогда:

$$Q_p = 59 \times 0,72 \times 0,95 \times 0,15 \times 8 = 48,42 \text{ Вт.}$$

#### 4.4 Внутренние тепловые нагрузки

Внутренние нагрузки в жилых, офисных или относящихся к сфере обслуживания помещениях слагаются в основном из тепла:

- выделяемого людьми;
- выделяемого лампами и осветительными, электробытовыми приборами;
- выделяемого компьютерами, печатающими устройствами фотокопировальными машинами и прочее.

В производственных и технологических помещениях различного назначения дополнительными источниками тепловыделений могут быть: нагретое производственное оборудование, горячие материалы, в том числе жидкости и различного рода полуфабрикаты, продукты сгорания и химические реакции.

Теплопоступления от людей зависят от интенсивности выполняемой работы и параметров окружающего воздуха. Тепло, выделяемое человеком, складывается из ощутимого (явного), то есть передаваемого в воздух помещения путем конвекции и лучеиспусканий, и скрытого тепла, затрачиваемого на испарение влаги с поверхности кожи и из легких.

Мы рассчитываем внутренние тепловые нагрузки при максимальной наполненности офисного помещения, когда 9 мужчин работают за персональными компьютерами, т.е. находятся в положении сидя.

Один мужчина в положении сидя выделяет явного тепла 40 Вт, а общего 100 Вт.

Тогда выделение явного тепла в помещении составит:

$$Q_{\text{л}}^{\text{я}} = 40 \times 9 = 360 \text{ Вт}$$

А выделение общего тепла:

$$Q_{\text{л}}^{\text{о}} = 100 \times 9 = 900 \text{ Вт}$$

Теплопоступления от осветительных приборов, оргтехники и оборудования рассчитывается следующим образом. Теплопоступление от ламп определяется по формуле:

$$Q_{\text{осв}} = \eta \times N_{\text{осв}} \times F_{\text{пол}}, \text{ Вт}, \quad (28)$$

где  $\eta$  – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую ( для люминесцентных ламп  $\eta = 0,5-0,6$ );

$N_{\text{осв}}$  - установленная мощность ламп (  $N = 75 \text{ Вт/м}^2$ );

$F_{\text{пол}}$  – площадь пола.

$$F_{\text{пол}} = 10 \times 10 = 100, \text{ м}^2.$$

Тогда:



$$Q_{осв} = 0.5 \times 75 \times 100 = 3750, \text{Вт}$$

В офисном помещении имеются 9 персональных компьютеров.

Теплопритоки, возникающие за счет находящейся оргтехники – это 30% мощности оборудования:

$$Q_{орг} = 0,15 \times 9 \times 0,3 = 0,405, \text{ кВт.}$$

#### 4.5 Расчет теплового баланса помещения

На основании выполненных расчетов составим баланс тепlopоступлений в помещении:

$$Q_{изб} = Q_p + Q_{л} + Q_{осв} + Q_{орг} + Q_{огр}$$

$$Q_{изб} = 63.56 + 360 + 3750 + 405 + 658.6 = 5237.25, \text{ Вт}$$

Количество воздуха, необходимое для подачи в помещение, исходя из теплового баланса, определяется по формуле:

$$L = \frac{860 \times Q_{изб}}{C \times \gamma \times (t_{yx} - t_{пр})}, \text{ м}^3/\text{час}$$

где  $Q_{изб}$  - выделение в помещение явного тепла;

$C$  – теплоемкость воздуха, ( $C = 0,24$  ккал//кг);

$t_{yx} - t_{пр}$  выбираем в зависимости от теплонапряженности воздуха  $Q_n$ ;

$\gamma$  – удельная масса приточного воздуха,  $1,026$  кг/м<sup>3</sup>.

Рассчитаем значение теплонапряженности воздуха  $Q_n$ :

$$Q_n = \frac{860 \times Q_{изб}}{V} = \frac{860 \times 5.23725}{280} = 16.08, \text{ ккал/м}^3$$

Т.к.  $Q_n \leq 20$  ккал/м<sup>3</sup>  $\rightarrow \Delta t = 6$  °С;

Определение расхода приточного воздуха, необходимого для поступления в помещение:

$$L = \frac{860 \times 5,23725}{0,24 \times 6 \times 1,026} = 3048,5, \text{ м}^3/\text{час}$$

#### 4.6 Выбор кондиционера

По рассчитанному значению расхода воздуха выбираем кондиционер серии SUA модель 0351. Он относится к прецизионным кондиционерам. Прецизионные кондиционеры представляют собой разновидность шкафных кондиционеров. Они оборудованы различными типами систем микропроцессорного управления и способны поддерживать в помещении не только точные параметры по температуре, но и влажности. Прецизионные кондиционеры с воздушным охлаждением состоят из двух блоков:

внутреннего блока ( собственно кондиционера), в котором расположены компрессор, испаритель, вентилятор и автоматика; внешнего блока – теплообменника.

Такие кондиционеры применяются в музеях, компьютерных залах, на телефонных станциях, в фармацевтических лабораториях, в производственных и складских помещениях. Все кондиционеры могут выполняться с нижней или верхней подачей подготовленного воздуха. В кондиционерах с верхней подачей воздух подается либо непосредственно в помещение, либо системой воздухопроводов через свободное пространство потолка.

Параметры выбранного кондиционера приведены в таблице 7.

Таблица 7 – параметры кондиционера SUA 0351

Параметры	Значения
Электрическое питание, В/ф/Гц	400/3/50+N
Расход воздуха макс, м <sup>3</sup> /час	3020
Расход воздуха мин, м <sup>3</sup> /час	1940
Мощность компрессора, Вт	3700
Электронагреватель, Вт	3300
Размеры, мм	1740x850x450

Исходя из проведенных расчетов, следует, что наличие и выбор кондиционера является необходимостью для сохранения здоровья человека и оптимальной работы. Выбор кондиционера модели SUA 0351 фирмы UNIFLAIR является достаточным для безопасной работы персонала. Однако полученные результаты носят теоретический характер и для более достоверной оценки необходимо проведение эмпирических исследований непосредственно на рабочем месте с применением инструментальных средств измерения.

## **5 Расчет экономических показателей проектируемой трассы**

### **5.1 Цели и задачи**

В связи с современной тенденцией увеличения нужд населения в качественных услугах связи, возникла необходимость на участке «Караганда - Жезказган» увеличить количество каналов, что приведет к увеличению объема предоставляемых услуг.

Целью данного дипломного проекта является проектирование линии связи на основе волоконно-оптических кабелей. В связи с чем особое внимание уделено строительству волоконно-оптической линии связи для увеличения емкости национальной сети междугородней связи Республики Казахстан за счет внедрения новой цифровой оборудования DWDM фирмы Siemens, а также получение максимально возможной прибыли от реализации проекта.

В современных условиях увеличился спрос на продукцию связи на участке «Караганда - Жезказган». Имеющаяся линия связи уже морально устарела. Решением данной проблемы является новое строительство ВОЛС. Переход к использованию новых технологий передачи информации и применение современного оборудования типа DWDM, отвечающего мировым стандартам, имеет ряд преимуществ, обусловленных такими характеристиками как:

- большая пропускная способность;
- большая длина регенерационных участков;
- малое затухание;
- большая помехозащищенность;
- малая себестоимость 1 канала-километра.

Цифровое оборудование будет обеспечивать высокое качество передачи информации с высокой скоростью жителям отдаленных населенных пунктов Казахстана.

Ценовая политика - в договоре с арендатором каналов связи цены фиксированы и не меняются в зависимости от спроса и предложения. Индексация цен возможна только в соответствии с инфляцией.

Мероприятия по предоставлению товара на рынок - это проведение кампаний по рекламированию услуг междугородней связи:

- разработка и выпуск общего рекламного проекта АО «КазахТелеком»;
- размещение рекламных материалов в специализированных печатных изданиях;
- съемка видеофильма с демонстрацией возможностей ВОЛС.

Результат - заключение договоров об аренде каналов или групп каналов.

## **5.2 Расчет численности производственных работников**

Для определения численности работников по обслуживанию проектируемого участка необходимо рассчитать производственный персонал

- по обслуживанию систем передачи в ЛАЦ ОРП и ЛАЦ ОП;
- по обслуживанию линейных сооружений;
- по ремонтно-восстановительным работам.

Расчет численности производился по «Нормам времени на техническое обслуживание и текущий ремонт станционного оборудования и линейных сооружений».

Численность работников по обслуживанию систем передачи в ЛАЦ определяется по формуле

$$\text{Ч}_{\text{ЛАЦ}} = \frac{N_i \times N_i \times h}{\Phi_{\text{мес}}}, \quad (29)$$

где  $N_i = 2+3$  – количество комплектов оборудования – по 1 на каждый ОП и по 1 на каждый ОРП;

$N_i = 50$  – норматив обслуживания в чел./ч в месяц для оборудования уровня STM – 16;

$h = 1.1$  – коэффициент, учитывающий резерв на отпуска;

$\Phi_{мес} = 168$  ч. в месяц – месячный фонд рабочего времени (апрель 2016г.).

$$\text{Ч}_{\text{ЛАЦ}} = \frac{5 \times 50 \times 1,1}{168} = 2 \text{ чел.},$$

– по два человека на каждый пункт =  $2 \cdot 5 = 10$ .

Численность работников по обслуживанию линейных сооружений рассчитывается по формуле

$$\text{Ч}_{\text{КАБ}} = \frac{N_i \times H_i \times h}{\Phi_{\text{МЕС}}}, \quad (30)$$

где  $N_i = 536$  км – протяженность  $i$  – го типа кабеля;

$H_i = 5$  – норматив обслуживания в чел. / ч в месяц для  $i$  – го типа кабеля (для обслуживания 1 км ВОК).

$$\text{Ч}_{\text{КАБ}} = \frac{536 \times 5 \times 1,1}{168} = 18 \text{ чел.},$$

Численность работников ремонтно-восстановительной бригады 10 человек.

Общее число работников, обслуживающих оборудование ОП

$$\text{Ч}_{\text{общ}} = \text{Ч}_{\text{КАБ}} + \text{Ч}_{\text{ЛАЦ}} + \text{Ч}_{\text{РВБ}} = 38 \text{ человек}$$

### **5.3 Сроки строительства ВОЛС**

Начало строительства 01.08.2016г;

окончание: 01.05.2017г.

Осуществление проекта «Строительство ВОЛС длиной 536 км на участке «Караганда - Жезказган» возложено на АО «КазахТелеком».

Компания NEC будет выполнять строительно-монтажные, пуско-наладочные работы со сдачей объекта в эксплуатацию.

### **5.4 Общая стоимость Проекта**

Сумма инвестиций по проекту «Строительство ВОЛС длиной 536 км на участке «Караганда - Жезказган» составляет 3192921,174 тысяч тенге, в том числе затраты на строительство и оборудование – 2252257,364 и эксплуатационные расходы – 940663,81 тысяч тенге.

### 5.4.1 Объектная смета затрат

Таблица 8

Наименование работ и затрат	количес тво	Общая стоимость, тыс.тг.
1.Линейно-кабельные сооружения		
Кабель 48- волоконный, км	536	219669,416
Полиэтиленовая труба, км	536	88313,718
Муфта, шт	89	5488,085
Прокладка и монтаж кабеля		720681,54
Прочие расходы		99785,19
2. Станционные сооружения:	-	-
DWDM мультиплексор (с питанием, с программным обеспечением), шт	5	75945
Сервер системы управления и программное обеспечение TNMS (с питанием, с программным обеспечением), шт	1	5400,0
3 Оборудование:	-	-
Анализатор спектра HP 37718A «АТ», шт	10	74500,0
Рефлектометр МТС 5/100, шт	7	21350
Сварочные аппараты, шт	14	60200
Излучатель мощности OLD, шт	8	30560
Тестер цифровой EDCT-2, шт	10	17000
Оптический телефон PTS-20, шт	14	111160
Прочие расходы: (расходный материал и инструменты для монтажно-настроечных работ) приборы.	-	1536832,949
4 Затраты на монтаж и наладку оборудования 20 %	-	307366,59
Подготовительные работы (10 %): Изыскательные работы и проектно-сметная документация	-	153683,295 249208,53
Затраты на обучение обслуживающего персонала	-	4266,0
Затраты на рекламную кампанию	-	900,0
Итого:		2252257,364

#### 5.4.2 Эксплуатационные расходы

Определим затраты на эксплуатацию ВОЛС:

Средняя заработная плата на одного служащего составляет 90000 тг.

На момент настройки оборудования принимают в штат 9 человек на 1 месяц.

Заработная плата за срок строительства:

$$ЗП1 = 9 \times 90000 = 810 \text{ тыс. тг.}$$

Годовой фонд оплаты труда по штатам ОРП, РВБ, ОЛС:

$$ЗП2 = 38 \times 12 \times 90000 = 41040 \text{ тыс. тг}$$

Дополнительная заработная плата:

$$ЗП_{\text{доп}} = 0,3 \times ЗП2 = 0,3 \times 41040 = 12312 \text{ тыс.}$$

Расходы по заработной плате определяются по формуле:

$$\begin{aligned} \text{ФОТ} &= ЗП1 + ЗП2 + ЗП_{\text{доп}}, \\ \text{ФОТ} &= 810 + 41040 + 12312 = 54162 \text{ тыс. тг} \end{aligned} \quad (31)$$

Социальный налог составляет 11% от ФОТ

$$\begin{aligned} \text{Осн} &= 0,11 \times (\text{ФОТ} - 0,1 \text{ФОТ}), \\ \text{Осн} &= 0,11 \times (54162 - 0,1 \times 54162) = 5362,038 \text{ тыс. тг.} \end{aligned} \quad (32)$$

Амортизационные отчисления для отрасли связи составляют 25% в год

$$А = 0,25 \times К, \quad (33)$$

где К – сумма затрат (2252257,364).

$$А = 0,25 \times 2252257,364 = 45045,147 \text{ тыс. тг.}$$

Материалы и запасные части составляют 2% в год

$$\begin{aligned} М &= 0,02 \times К, \\ М &= 0,02 \times 2252257,364 = 270270,884 \text{ тыс. тг} \end{aligned} \quad (34)$$

Электроэнергия:

$$С_{эл} = W \times Ц_{\text{квт}} \times N_{\text{рп}} \times 8760$$

где W- потребляемая мощность одного регенерационного пункта в час (W= 3 квт/ч);

Цквт – цена киловатта энергии (Цквт = 21 тг.);

$N_{rp}$  – количество регенерационных пунктов (  $N_{rp} = 5$  ); 8760 – количество часов в году.

$$C_{эл} = 3 \times 21 \times 5 \times 8760 = 2759,40 \text{ тыс.тг.}$$

Накладные расходы: (12 % от капитальных вложений)

$$H = 0,2 \times K, \quad (35)$$

$$H = 0,12 \times 1330867,872 = 159704,145 \text{ тыс. тг.}$$

Годовые эксплуатационные расходы определяются по формуле:

$$\text{Э}_{год} = \text{ФОТ} + \text{Осн} + A + M + C_{эл} + H, \quad (36)$$

$$\text{Э}_{год} = 54162 + 5362,038 + 563064,34 + 45045,147 + 2759,40 + 270270,884 = 940663,884 \text{ тыс. тг.}$$

Сводная таблица эксплуатационных затрат

Таблица 9

Статьи затрат	Сумма затрат, тыс. тг.	Уд.вес, %
1 Фонд оплаты труда	54162	5,8
2 Социальный налог	5362,038	0,4
3 Амортизационные отчисления	563064,341	59,9
4 Материалы и запасные части	45045,147	4,8
5 Накладные расходы	270270,884	28,8
6 Расходы на электроэнергию	2759,4	0,3
Итого	940663,81	100

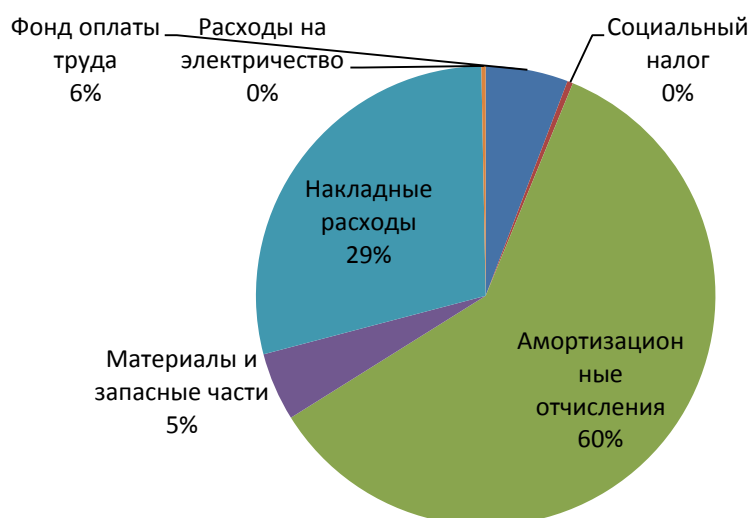


Рисунок 25 – Структура эксплуатационных затрат

## 5.5. Доходы и экономическая эффективность

Годовая сумма доходов определяются по формуле:

$$D = Q \times \Pi_{AK} \times K, \quad (37)$$

где Q- число сдаваемых в аренду каналов (общее число каналов 24780) (будет использовано 75% каналов от общего количества каналов).

Данные взяты в АО «КазахТелеком» в группе доступа к СТОП и аренды каналов.

Определим доход от аренды каналов в год

где k- количество часов (в году=8760 часов, т.к. оборудование используется не на 100 %, а примерно на 75 % ).

$\Pi_{AK}$ - стоимость аренды 1 канала в час

$$D = 247800 \times 8760 \times 0,75 = 4884138 \text{ тыс. тг.}$$

Чистый доход от хозяйственной деятельности определяются по формуле

$$\Pi_{\text{Досн}} = D - \text{Эр}, \quad (38)$$

$$\Pi_{\text{Досн}} = 4884138 - 940663,817 = 3943474,183 \text{ тыс. тг.}$$

Налог с прибыли 20 % в бюджет рассчитаем по формуле

$$\Pi_{\Pi} = 0,2 \times \Pi_{\text{Досн}}, \quad (39)$$

$$\Pi_{\Pi} = 0,2 \times 3943474,183 = 788694,837 \text{ тыс. тг.}$$

Чистый доход предприятия рассчитаем по формуле

$$\Pi_{\text{Дпр}} = \Pi_{\text{Досн}} - \Pi_{\Pi}, \quad (40)$$

$$\Pi_{\text{Дпр}} = 3943474,183 - 788694,837 = 3154779,346 \text{ тыс. тг.}$$

Коэффициент общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений рассчитаем по формуле

$$E = \frac{(D - \text{Э})}{K}, \quad (41)$$

где D – доходы от основной деятельности

Э – эксплуатационные расходы;

K - капитальные вложения.

$$E = \frac{(4884138 - 940663,817)}{2252257,364} = 1,75$$



Период окупаемости для проекта найдем по формуле

$$PP = \frac{1}{E} = 0,6 \text{ года}, \quad (42)$$

Так как проект окупается менее чем через год, то рисков нет.

Построим итоговую таблицу, в которую сведем все основные показатели, рассчитанные выше:

Таблица 10 – Основные показатели проектирования сети

Наименование показателей	Значения
Капитальные вложения, тыс. тенге	1330867,872
Эксплуатационные расходы, тыс. тенге	567434,976
Доходы от деятельности, тыс. тенге	2988193,68
Чистый доход, тыс. тенге	1936606,963
Срок окупаемости, год	0,6

Определим значение ARR – коэффициента эффективности инвестиций. Он рассчитывается делением прибыли на величину затрат.

$$APR = \frac{P}{K} \times 100\%, \quad (43)$$

где P – чистая бухгалтерская прибыль от проекта K – затраты.

$$APR = \frac{3154779,346}{2252257,364} \times 100\% = 71,4\%,$$

Вывод:

В данном разделе были приведены расчеты объема капитальных вложений, эксплуатационные расходы, затраты на электроэнергию, амортизационные отчисления, банковские расходы, накладные расходы и расчет показателей экономической эффективности, сроки окупаемости с учетом дисконтирования и без.

Анализ полученных результатов показывает, что срок окупаемости проекта 7 месяцев.

## Заключение

Перспективы расширения ВОСП на огромной территории нашей страны дают возможность обеспечить качественной связью каждого жителя, каждого предприятия. Для этого набирает темпы процесс усовершенствования системы связи путем замены электрических кабелей в цифровых системах на оптоволоконные всех уровней иерархии с лучшими характеристиками. Применение оптических волокон с низким уровнем затухания и дисперсии позволяет максимально увеличить длину регенерационного участка, так как помехи между ОВ незначительны, а также обеспечивает скорость передачи информации до 2 ТБ/с на одно волокно. Важнейшим качеством применения ВОСП является их невосприимчивость к внешним электромагнитным полям. Устранение электромагнитных помех всех видов, в том числе и помехи других средств передачи информации, является одной из главных в достижении качества связи. Средства защиты от помех любых электроустановок в устаревших системах связи сложные в исполнении и дорогостоящие. Внедрение оптоволоконных систем на промышленных предприятиях и различных центрах управления, на транспорте полностью решает проблему электромагнитной несовместимости, когда на небольшом пространстве нужно разместить и энергоемкие установки, и АСУ, и телевидение, и автономную сеть связи с многочисленными абонентскими устройствами. Таким образом, волоконно-оптическая система передачи с повышенной пропускной способностью становится незаменимой в современном обществе.

В дипломном проекте я рассмотрел целесообразность разработки магистральной ВОСП с повышенной пропускной способностью на участке Караганда - Жезказган.

В процессе разработки решены следующие вопросы:

- выбран наилучший вариант прокладки магистрали связи;
- выполнена разработка схемы связи на основании полученных расчетов;
- произведены основные расчеты ВОЛС;
- рассчитана надежность проектируемой магистрали;
- произведены технико-экономические расчеты.

Технический расчет показал, что применение новейших разработок улучшит качество связи, так как предлагаемая ВОСП имеет высокую помехоустойчивость, не подвержена внешним влияниям, увеличит число каналов и удовлетворит потребность в услугах связи с учетом дальнейшего развития.

Для реализации этого проекта необходимо воспользоваться технологией DWDM и использовать ВОК, согласно произведенному расчету и техническим характеристикам оборудования.

Экономический анализ произведенных расчетов подтверждает, что данный проект экономически выгоден. Для осуществления проекта необходимы солидные капитальные вложения на строительство и эксплуатационные расходы, но за короткий период эксплуатации все они окупятся. При этом доходы будут увеличиваться по мере увеличения числа арендуемых каналов.

## Список литературы

- 1 Кемелбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В. А. Приемники и приемные модули. Современные задачи оптического волоконно-оптических линий связи. - Томск: НТЛ, 2001 – т. 3.
- 2 Складов О.К. Современные волоконно-оптические системы передачи. - М.: Солон-Р, 2001.
- 3 Хакимжанов Е.Т13 Убайдулаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. М.: Эко-Тренз, 2010.
- 4 Бутусов М.М. и др. Волоконно-оптические системы передачи-М.: Радио и Связь, 1992.
- 5 Наний О.Е. Основы технологии спектрального мультиплексирования каналов передачи // LigHTwAvE RussiAn EdiTion. -2004. -№ 2. –С. 46.
- 6 Жирар А. Руководство по технологии и тестированию систем / Пер. с англ. под ред. А.М. Бродниковского, Р.Р. Убайдуллаева, А.В. Шмалько. Общая редакция А.В. Шмалько. – М.: EXFO, 2010.
- 7 УбайдуллаевР.Р.Протяженные ВОЛС // LigHTwAvE RussiAn EdiTion, 2007, № 1, с. 22.
- 8 Курков А.С., Наний О.Е. Волоконно-оптические усилители // LigHTwAvE RussiAn EdiTion, 2008, № 1, с. 14.
- 9 Производственное освещение: Методическое указание к разделу «Охрана труда» в дипломном проекте. - Алматы: РУМК,2006. – 39 с.
- 10 СНиП РК 2.04-05-2002. Естественное и искусственное освещение. Общие условия.
- 11 Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах. – Алматы: АИЭС, 2012.
- 12 Сеилов Ш. Ж. Регулирование сектора телекоммуникаций Республики Казахстан.-Алматы: Атамура,2004.-180 с.
- 13 Технология SDH <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/Synchronous-Optical-Network>, (дата обращения 23.04.16).
- 14 Esponsivity of standard ingaas photodiodes, fermionics, Inc., simi valley, CA, from THE web AT [www.fermionics.com/R1300.HTM](http://www.fermionics.com/R1300.HTM), (дата обращения 16.05.16).
- 15 Tom G. Brown Optical fibers and fiber optic communications [http://photonics.intec.ugent.be/education/ivpv/res\\_handbook/v2ch10.pdf](http://photonics.intec.ugent.be/education/ivpv/res_handbook/v2ch10.pdf) (дата обращения 26.04.16).
- 16 ChrisWoodfordFiberopticstechnology <http://www.explainthatstuff.com/fiberoptics.html> (дата обращения 23.04.16).
- 17 Vangie Beal Fiber optic [http://www.webopedia.com/TERM/F/fiber\\_optics.html](http://www.webopedia.com/TERM/F/fiber_optics.html) (дата обращения 02.06.16).

## Приложение А

### Параметры оптического интерфейса STM-16

Таблица А1 – Параметры оптического интерфейса STM-16

Цифровой сигнал	STM-16 в соответствии с ITU-T G.707				
Номинальная скорость передачи	2488,320Мбит/с				
Тип применения	Д				
(ITU-T, Таблица 1/G.957 и G.691)	L-16.1	L-16.1E	L-16.2	L-16.3	V-16.2
Рабочий диапазон длины волны	1280 - 1335 нм	1280 – 1335 нм	1500 – 1580 нм	1500 – 1580 нм	1530 – 1565 нм
Передатчик в контрольной точке S	SLM-LD	SLM-	SLM-	SLM-LD	SLM-LD
Тип источника	-	-	-	-	-
Специальные	-	-	-	-	-
Макс. ср. квадратичная ширина	1 нм	1 нм	<1 нм	<1 нм	FFS
– Максимальная ширина при –20	30 дБ	30 дБ	30 дБ	30 дБ	FFS
– Минимальная величина	3 дБм	3 дБм	3 дБм	3 дБм	+13 дБм
– Средняя мощность запуска	-2 дБм	-2 дБм	-2 дБм	-2 дБм	+10 дБм
– Максимальная мощность	8,2 дБ	8,2 дБ	8,2 дБ	8,2 дБ	8,2 дБ
– Минимальная мощность					
– Минимальный коэффициент затухания					
Оптический тракт между					
Уровень затухания	12 – 24 дБ	12 – 24	12 – 24	12 – 24 дБ	22 – 36 дБ
Максимальная дисперсия	250 пс/нм	250	1600	280 пс/нм	2500
Минимальные потери на	24 дБ	24 дБ	24 дБ	24 дБ	24 дБ
оптическое отражение в кабеле в					
Максимальное отражение дискретного	-27 дБ	-27 дБ	-27 дБ	-27 дБ	-27 дБ
сигнала между S и					
R					
Приемник в контрольной точке R					
Минимальная чувствительность	-27 дБм	-27 дБм	-28	-27 дБм	-28 дБм
Минимальная нагрузка	-9 дБм	-9 дБм	-9 дБм	-9 дБм	-9 дБм
Максимальные потери на оптической	1 дБ	1 дБ	2 дБ	1 дБ	2 дБ
Максимальное отражение от	-27 дБ	-27 дБ	-27 дБ	-27 дБ	-27 дБ
приемника, измеренное в точке R					

## Приложение Б

### Параметры оптического интерфейса STM-4

Таблица Б1– Параметры оптического интерфейса STM-4

– Цифровой сигнал	S		
– Номинальная скорость	6		
– Тип применения	Внутриофисная связь	Д	
– (ITU-T, Таблица 1/G.957)	I-4	L-4.1	L-4.2
– Рабочий диапазон волны	1261 – 1360 нм	1280 –	1480 – 1580
Передатчик в контрольной точке S Тип источника Специальные характеристики:	MLM-LD	SLM-LD	SLM-LD
– Максимальная среднеквадратичная ширина	14,5 нм	-	-
– Максимальная ширина -20 дБ	-	1 нм	< 1 нм
– Минимальная величина подавления боковой моды	-	30 дБ	30 дБ
– Средняя мощность запуска			
– Максимальная мощность	-8 дБм	2 дБм	2 дБм
– Минимальная мощность	-15 дБм	-3 дБм	-3 дБм
Минимальный коэффициент затухания	8,2 дБ	10 дБ	10 дБ
Оптический путь между источником (S) и приемником (R) Диапазон ослабления Максимальная дисперсия Минимальные потери на оптическое отражение в кабеле в точке S, включая все соединители Максимальное отражение дискретного сигнала между S и R	0 – 7 дБ 13 пс/нм NA (Примечание 2) NA (Примечание 2)	10 – 24 NA 20 дБ -25 дБ	10 – 24 дБ 1600 пс/нм 24 дБ -27 дБ
Приемник в контрольной точке R Минимальная чувствительность Минимальная нагрузка Максимальные потери на оптической длине тракта Максимальное отражение от приемника, измеренное в точке R	-23 дБм -8 дБм 1 дБ NA(Примечание 2)	-28 дБм -8 дБм 1 дБ -14 дБ	-28 дБм -8 дБм 1 дБ -27 дБ

## Приложение В

### Вероятность безотказной работы

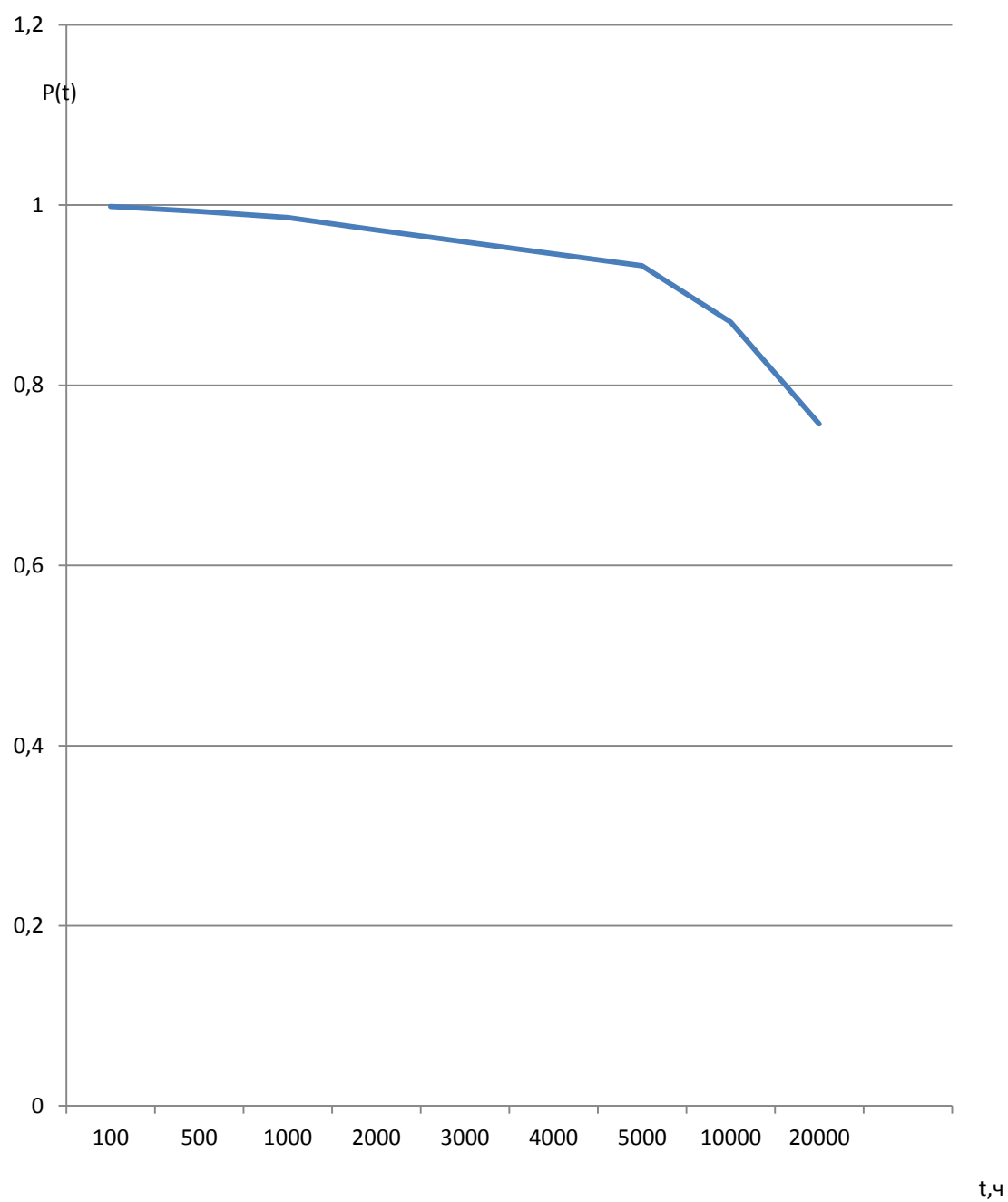


Рисунок В1 – Вероятность безотказной работы

## Приложение Г

### Вычисления в программе Mathcad

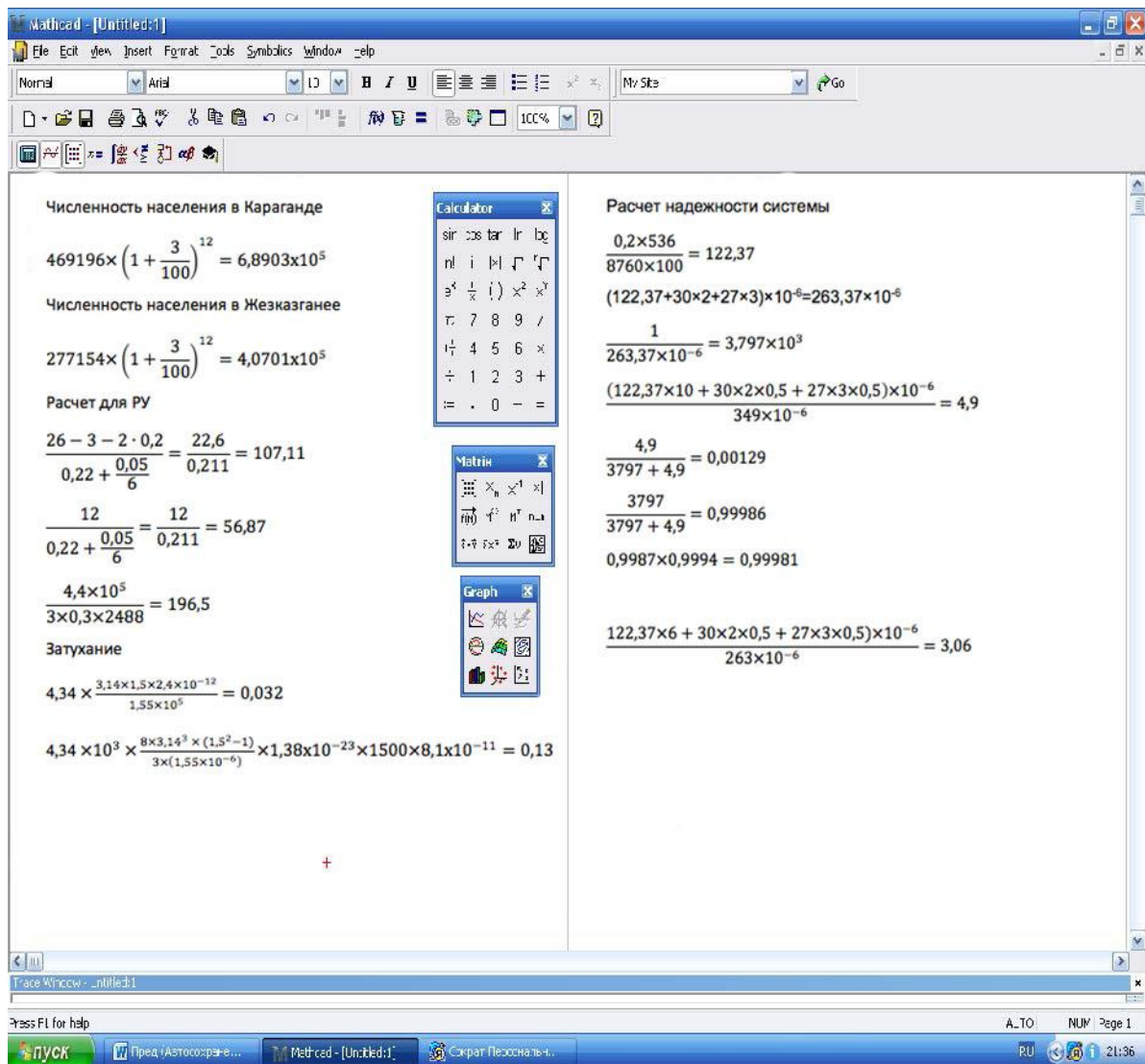


Рисунок Г. 1 – Окно программы Mathcad