

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматики и информационных технологии

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

Абашев Қайыпназар Серікұлы

Анализ оптических приемников

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой ЭТиКТ,  
канд. техн. наук

Таштай Е.Т.



2024 г.

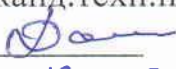


**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Анализ оптических приемников»

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Выполнил   
Рецензент  
докт. техн. наук, профессор  
АУЭС им. Г. Даукеева  
 Утепбергенов И.Т.  
«27» 05 2024 г.

Абашев К.  
Научный руководитель  
канд. техн. наук  
 Дараев А.М.  
«27» 05 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматик и информационных технологий

Кафедра «Электроник, телекоммуникации и космических технологий»

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering



**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение дипломного проекта**

Обучающемуся Абашев Қайыпназар Серікұлы

Тема: «Анализ оптических приемников».

Утверждена приказом Ректора Университета № 548 П/Ө от «4» декабря  
2023 года.

Срок сдачи законченной работы «15» мая 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе:

- а) Параметры приемников излучения;
- б) оптические приемники;
- в) Оптический приёмник с системой АРУ SKTEL 208AS;
- г) Основные факторы при выборе оптических приемников.

Краткое содержание к дипломной работе:

- а) Расчет фототока оптических приемников;
- б) Технические характеристики оптического волокна;
- в) Физика процесса накачки, расчет мощности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных  
чертежей): представлены 10-15 слайдов презентации работы.

1. Приемник оптический SKTEL 208AS
2. Технические характеристики
3. Структурная схема CXE800 Алгоритм вывода на дисплей.

Список литературы:

1. Blundell, BG, (2011). «О трехмерных объемных дисплеях», Walker Wood Ltd. ISBN 9780473193768 . (<http://www.barrygblundell.com>, файл PDF).

Фавалора, GE (2005, август). «Объемные 3D-дисплеи и инфраструктура приложений», Компьютер, 38 (8), 37-44. Иллюстрированный технический обзор современных и исторических объемных трехмерных дисплеев. [Цитирование IEEE через ACM](#)

Funk, W. (2008). «Голография: система производительности объемного синтеза изображений», Proc. SPIE, т. 6803, SPIE - Int'l Soc. для оптики, стереоскопических дисплеев и приложений XIX. [PDF на сайте автора](#)

Халле, М. (1997). «Автостереоскопические дисплеи и компьютерная графика», Компьютерная графика, ACM SIGGRAPH, vol. 31, нет. 2, (стр. 58–62). Вдумчивый и краткий обзор области технологий трехмерного отображения, в частности не объемных дисплеев. [HTML и PDF](#)



## ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Определение и классификация приемников излучения	10.01.2024 - 20.01.2024 г.	Отчет – не менее 5-10 стр и 1-2 слайда
Приемники цифровых волоконно-оптических систем связи	20.01.2024-10.03.2024 г.	Отчет не менее 5-10 стр , 1-2.
Расчет фототока оптических приемников	11.03.2024 - 28.04.2024 г.	Отчет не менее 10 стр . 3-5 слайдов 5
Заключение	01.04.2024 - 10.05.2024 г.	Отчет не менее 1 стр , 10 слайд

### Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Ассоциированный профессор, кандидат технических наук Дараев А.М.	20.05.2024	
Нормоконтролер	Ассистент кафедры ЭтиКТ, магистр техн.наук Ақылжан П.	27 05 24	

Научный руководитель  Дараев А.М.

Задание принял к исполнению обучающийся  Абашев К.С.

Дата «27» 05 2024 г.

## АННОТАЦИЯ

Даны определение и классификация приемников излучения, параметры приемников излучения, инерционность, спектральные параметры.

Приведены приемники цифровых волоконно-оптических системы связи. Анализированы оптический приемник с системой АРУ SKTEL 208 AS, Оптический приемник CXE800. Даны особенности волоконного-оптического приемника CXE800, схемы оптических приемников. Основные факторы при выборе оптических приемников.

Расчитаны фототоки оптических приемников, затухания сигналов, регенерационные секции.

## АҢДАТПА

Сәулелену қабылдағыштарының анықтамасы мен жіктелуі, сәулелену қабылдағыштарының параметрлері, инерционалдылығы, спектрлік параметрлері берілген.

Сандық талшықты-оптикалық байланыс жүйелерінің қабылдағыштары берілген. Sktel 208 as АРУ жүйесі бар оптикалық қабылдағыш, Схе800 оптикалық қабылдағышы талданды. CXE800 талшықты-оптикалық қабылдағыштың, оптикалық қабылдағыштардың схемасының ерекшеліктері берілген. Оптикалық қабылдағыштарды таңдаудағы негізгі факторлар.

Оптикалық қабылдағыштардың фото токтар, сигналдардың әлсіреуі, регенерация бөлімдері есептелген.

## ANNOTATION

The definition and classification of radiation receivers, radiation receiver parameters, inertia, and spectral parameters are given.

The receivers of digital fiber-optic communication systems are given. The optical receiver with the SKTEL 208 AS AGC system and the CXE800 optical receiver are analyzed. The features of the CXE800 fiber-optic receiver and optical receiver circuits are given. The main factors in choosing optical receivers.

Photostocks of optical receivers, signal attenuation, and regeneration sections are calculated.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Определение и классификация приемников излучения	9
1.1 Параметры приемников излучения	10
1.2 Инерционность	12
1.3 Спектральные параметры	13
2 Приемники цифровых волоконно-оптических систем связи	14
2.1 Оптический приёмник с системой АРУ SKTEL 208AS	15
2.2 Оптический приемник CXE800	17
2.3 Особенности волоконного-оптического приемника CXE800	17
2.4 Схемы оптических приемников	19
2.5 Оптический приемник OD 005P	22
2.6 Основные факторы при выборе оптических приемников	22
2.7 Характеристики PIN-диодов	24
3 Расчетная часть	29
3.1 Расчет фототока оптических приемников	29
3.2 Выбор кабеля	31
3.3 Технические характеристики оптического волокна	40
3.4 Выбор полиэтиленовой трубы для прокладки оптоволоконных кабелей	41
3.5 Выбор усилителя	44
3.6 Физика процесса накачки	46
3.7 Достоинства серии EDFA-1550	47
3.8 Разбивка трассы на секции мультиплексирования и регенерации	47
Заключение	49
Список использованной литературы	51

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время оптико-электронные приборы и системы (ОЭП и ОЭС) используются при решении самых разнообразных задач, возникающих в различных отраслях народного хозяйства, науки, техники, а также при обеспечении обороноспособности страны.

При проектировании ОЭП одной из часто возникающих проблем является выбор приемника оптического излучения (ПОИ), являющегося одним из важнейших узлов этих приборов или систем. На выбор того или иного типа приемника, как правило, влияет большое количество факторов, определяемых назначением ОЭП, условиями его функционирования, технико-экономическими требованиями, доступностью для разработчика того или иного вида приемника и мн. др. Поэтому выбор ПОИ становится актуальным уже на первых этапах проектирования ОЭП.

Целью настоящей работы является разработка достаточно общей методики выбора оптических приемников. Физические основы работы приемников различных типов и их конструктивные и эксплуатационные особенности неоднократно рассматривались в литературе [1–7]. Тем не менее авторы стремились очень кратко напомнить об особенностях основных типов ПОИ, поскольку без этого трудно выбрать наиболее подходящий тип и даже марку приемника для решения поставленной перед разработчиками прибора конкретной задачи.



## 1 Определение и классификация приемников излучения

Устройство, предназначенное для преобразования оптического сигнала в электрический, называют приемником оптического излучения (приемником излучения, фотоприемником), а также фотоприемным устройством (ФПУ), в котором в единую конструкцию объединены собственно приемник и схема предварительной обработки электрического сигнала, например схема предварительного усиления.

Приемники можно разделить на две большие группы: биологические (глаз, кожный покров, растительность и др.) и физические, к которым относят устройства, преобразующие видимое, инфракрасное (ИК) или ультрафиолетовое (УФ) излучение в электрический сигнал (термоэлементы, болометры, фотоэлементы и фотоумножители, фотодиоды, фоторезисторы и некоторые другие), электронно-оптические преобразователи, фотопленки различных видов и другие фоточувствительные материалы [1–11].

Помимо преобразования одного вида энергии (оптической) в другой (электрическую) многие специальные приемники излучения и ФПУ выполняют в ОЭП и другие функции: преобразуют закон распределения освещенности (а не просто поток излучения) в соответствующий электрический сигнал, служат для анализа закона распределения освещенности в изображении, служат для определения координат изображений и их отдельных зон, служат для фильтрации полезного сигнала на фоне помех и т.д. Типичными ПИ такого типа являются электровакуумные передающие телевизионные трубки, а также их твердотельные аналоги, например ПЗС-матрицы.

В данной работе рассматриваются наиболее общие свойства приемников, в первую очередь, как преобразователей энергии оптического излучения в электрический сигнал, важные для согласования приемника с другими звеньями ОЭП, а также для выполнения перечисленных выше функций. Физические приемники излучения разделяются на два основных класса — фотоэлектрические (фотонные) и тепловые. Принцип действия фотоэлектрических ПИ основан на внешнем (фотоэлементы, фотоэлектронные умножители и др.) или внутреннем (фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и др.) фотоэффекте. Все фотоэлектрические приемники являются селективными, т.е. их чувствительность зависит от частоты (или длины волны) излучения, падающего на приемник. В тепловых ПОИ энергия оптического излучения сначала преобразуется в тепловую, а лишь затем происходят изменения свойств приемника: возникает термоЭДС (термоэлементы), изменяется проводимость (болометры) или диэлектрическая постоянная (пироэлектрические ПИ), формируется чувствительный слой (эвапорографы) и т.д.

Тепловые приемники неселективны.

Отдельными видами ПОИ являются: многодиапазонные (многоспектральные), работающие в двух или более диапазонах оптического спектра; многоэлементные ПОИ; координатные (позиционно-чувствительные)

ПОИ, у которых выходной сигнал зависит от координат изображения на чувствительном слое, и ряд других. Классификация ПОИ проводится также по диапазону спектральной чувствительности, степени охлаждения чувствительного слоя, быстродействию, физическим принципам действия (лавинные, инжекционные, гетеродинные, иммерсионные и др. ПОИ).

## 1.1 Параметры приемников излучения

Параметрами ПОИ обычно называют величины, характеризующие свойства приемника при работе его в определенных условиях и служащие критериями оценки его качества. Рассмотрим основные параметры ПОИ, с которыми наиболее часто приходится иметь дело разработчику ОЭП. Чувствительность. В общем случае чувствительность приемника – это отношение изменения электрической величины на выходе ПОИ, вызванного падающим на него излучением, к количественной характеристике этого излучения в заданных эксплуатационных условиях. В зависимости от характеристики излучения различают чувствительность к потоку излучения  $s_e$ , чувствительность к световому потоку  $sv$ , чувствительность к облученности  $sEe$  или к освещенности  $sEv$ .

Токовой чувствительностью  $sI$  называется чувствительность ПОИ, у которого измеряемой электрической величиной является сила фототока, а вольтовой  $sv$  — чувствительность при измерении напряжения на выходе ПОИ. Интегральной чувствительностью ПОИ называется чувствительность к монохроматическому излучению заданного спектрального состава, а монохроматической чувствительностью  $s\lambda$  — чувствительность к монохроматическому излучению с длиной волны  $\lambda$ . Различают также статическую чувствительность, определяемую отношением постоянных значений измеряемых на выходе и на входе ПОИ величин, и дифференциальную — отношение малых приращений этих величин. Иногда чувствительность характеризуется отношением числа квантов, вызвавших фотоэффект, к общему числу квантов излучения, попавших на чувствительную площадку ПОИ. Это отношение принято называть квантовой эффективностью или квантовым выходом.

Поскольку сигнал на выходе цепи включения для некоторых типов ПОИ может зависеть от напряжения питания (например, у фоторезисторов), иногда вводят понятие об удельной чувствительности, которая представляет собой чувствительность, отнесенную к 1 В питающего напряжения. Пороговые и шумовые параметры. Помимо полезного регулярного сигнала на выходе ПОИ всегда имеется хаотический сигнал со случайными амплитудой и частотой — шум приемника излучения.

Источники шума могут быть как внутренними, обусловленными процессами, происходящими в чувствительном слое ПОИ, так и внешними по отношению к ПОИ и ОЭП в целом, например, зависящими от флуктуаций

приходящего сигнала. Шум не позволяет регистрировать сколь угодно малые сигналы, которые становятся незаметными на его фоне, т.е. ограничивает предельные возможности прибора. В рационально сконструированном ОЭП чувствительность к малым входным сигналам зависит только от уровня собственных (внутренних) шумов ПОИ. Током или напряжением шума ПОИ называется среднее квадратическое значение флуктуации тока, протекающего через ПОИ, или напряжения на заданной нагрузке в его цепи включения в указанной полосе частот, в отсутствие облучения чувствительной площадки ПОИ.

Основные виды шумов для ПОИ (теплового, генерационно-рекомбинационного, мерцания, радиационного, геометрического) и формулы для их расчета приведены в [1–4, 6, 8]. Порогом чувствительности приемника ФП в заданной полосе частот называется среднее квадратическое значение первой гармоники попадающего на ПОИ модулированного потока излучения с заданным спектральным распределением, при котором среднее квадратическое значение первой гармоники напряжения (тока) сигнала равно среднему квадратическому напряжению (току) шума в заданной полосе частот на частоте модуляции потока:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{\sqrt{I_{\text{ш}}^2}}{s_{\text{в}}} \quad \text{или} \quad \Phi_{\text{п}} = \frac{\sqrt{U_{\text{ш}}^2}}{s_{\text{I}}} \quad (1.1)$$

Применительно к фотоэлементам и фотоумножителям величину ФП называют эквивалентом шума. Иногда порог чувствительности ПОИ характеризуют величиной, эквивалентной шумам облученности или освещенности чувствительного слоя ЕП. Поскольку шум зависит от ширины полосы частот  $\Delta f$ , в которой его измеряют, то ФП зависит от  $\Delta f$ . Для более удобного сравнения различных приемников введено понятие порога чувствительности ПОИ в единичной полосе частот — отношение величины ФП к полосе частот:

$$\Phi_{\text{п1}} = \frac{\Phi_{\text{п}}}{\sqrt{\Delta f}} \quad (1.2)$$

Величина, обратная ФП1, называется обнаружительной способностью приемника:

$$D = \frac{1}{\Phi_{\text{п1}}} \quad (1.3)$$

Следует отметить, что этот параметр неоднозначен для различных конструкций ПОИ одного и того же типа, так как для различных площадей  $A$  чувствительного слоя параметры  $s_{\text{в}}$  и  $2 V_{\text{в}}$  непостоянны. Поэтому более удобно пользоваться удельной обнаружительной способностью приемника:

$$D^* = s_v \frac{\sqrt{A\Delta f}}{\bar{V}}. \quad (1.4)$$

Следует указать, что все перечисленные параметры рассматриваются по отношению к излучателю с одной и той же температурой (температурой паспортизации ПОИ) и при постоянной температуре чувствительного слоя ПОИ. Если ФП,  $D$  и  $D^*$  измеряются по отношению к монохроматическому излучению, то вводится индекс, обозначающий длину волны, например  $D^* \cdot \lambda$ . Поскольку величины  $s_v$  и  $2 V_{\phi}$  являются в общем случае функциями длины волны  $\lambda$ , то и  $D^*$  также является функцией  $\lambda$ . Наиболее часто встречается случай, когда радиационный шум гораздо меньше других составляющих шума приемника, т.е. зависимостью  $2 V_{\phi}$  от  $\lambda$  можно пренебречь.

## 1.2 Инерционность

Это свойство ПОИ оценивается его постоянной времени  $\tau$ , в качестве которой принимают время нарастания  $\tau_{0,1...0,9}$  — интервал времени между точками переходной характеристики ПОИ, за который сигнал на выходе ПОИ изменяется при внезапном облучении от 0,1 до 0,9 своего установившегося значения при длительном облучении, или время спада  $\tau_{0,9...0,1}$  — интервал времени уменьшения сигнала после прекращения облучения ПОИ от 0,9 до 0,1 его установившегося значения. Постоянная времени  $\tau$  определяет граничную частоту модуляции сигнала на входе фотоприемника  $f_{гр}$  — частоту синусоидально модулированного потока излучения, падающего на ПОИ, при которой его чувствительность снижается до значения 0,707 чувствительности при немодулированном излучении.

Сопrotивление приемника. Этот параметр особенно важен при выборе или расчете цепи включения ПОИ. Зная его, можно найти оптимальное сопротивление нагрузки ПОИ. Для различных ПОИ используются разные параметры, с помощью которых можно оценить сопротивление чувствительного элемента. Например, для фоторезисторов в качестве параметра рассматривается темновое сопротивление  $R_T$  — сопротивление приемника в случае отсутствия облучения приемника. Для фотодиодов обычно приводят значение дифференциального сопротивления  $R_D$ , которое равно отношению малых приращений напряжения сигнала к фототоку при заданных эксплуатационных условиях, например, при заданной облученности ПОИ. При согласовании приемника с последующей электронной схемой разработчику приходится учитывать величину  $R_T$  (или  $R_D$ ) при выборе типа усилителя и схемы связи приемника с усилителем.

### 1.3 Спектральные параметры

Коротковолновая и длинноволновая границы спектральной чувствительности ПОИ определяются как наименьшая и наибольшая, соответственно, длины волн монохроматического излучения, при которых чувствительность ПОИ равна 0,1 ее максимального значения. Эффективность приема излучения в диапазоне  $\lambda_1 \dots \lambda_2$  можно оценить с помощью величины, называемой коэффициентом использования или спектральным КПД приемника:

$$\varphi = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} s_{\lambda} \Phi_{\lambda} d\lambda / \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi_{\lambda} d\lambda, \quad (1.5)$$

где

$s_{\lambda}$  — спектральная характеристика чувствительности ПИ;

$\Phi_{\lambda}$  — спектральная плотность потока излучения, падающего на ПИ.

Строго говоря, коэффициент использования можно считать параметром ПИ только в том случае, если рассматривать его по отношению к какому-то определенному источнику излучения, например, эталонному. Геометрические, электрические и другие параметры. Для оценки конструктивных особенностей ПИ при работе его в составе ОЭП необходимо знать такие его параметры, как площадь и конфигурация чувствительного слоя, оптические свойства (коэффициенты поглощения, преломления и отражения), емкость, напряжение питания (рабочее напряжение), температура чувствительного слоя и ряд других параметров, описывающих его свойства. Отдельные группы параметров характеризуют специфические свойства различных типов приемников, например, фоторезисторов, фотодиодов, болометров, координатных и многоэлементных фотоприемников и др. [1–6].

## 2 Приемники цифровых волоконно-оптических систем связи

Цифровые волоконно-оптические системы связи (ВОСС) предназначены для передачи цифровых сигналов, несущих информацию, от передающей информационной системы (ИС) к ИС приемника (абонента). Как передающая информация ИС, так и принимающая информация ИС работают с цифровыми электрическими сигналами. В то же время сам процесс передачи информационных сигналов осуществляется оптическими импульсами, распространяющимися вдоль волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) [1]. Последовательность электрических сигналов (сообщение), формируемое передающей ИС, преобразуется оптическим передатчиком в последовательность оптических сигналов [2], вводимых в оптическое волокно и распространяющихся в нем до приемной части. В приемной части ВОЛС оптические сигналы вновь преобразуются в электрические. Преобразование оптических сигналов в электрические происходит в приемниках оптического излучения.

Первые оптические приемники для сетей KTV появились чуть более десяти лет назад. С момента своего создания и разработки они претерпели значительные изменения – как в плане технических характеристик, так и в стоимостных показателях. Напомню, что первые приемники – оптические узлы – обычно имели в своем составе оптический передатчик обратного канала и были предназначены для интерактивных сетей с поддержкой протокола DOCSIS. Наличие передатчика обратного канала (и, соответственно, возможность установки такого оптического узла в сети с поддержкой DOCSIS) в первую очередь объяснялось тем, что к тому времени (около 2000 года) в США и большинстве европейских стран уже была построена очень мощная кабельная инфраструктура, которая никто не хотел ничего существенно менять и перестраивать. Это стало основной причиной стремительного развития технологии DOCSIS – она позволила модернизировать существующую сеть и сделать ее интерактивной с минимальными затратами и в кратчайшие сроки. Те первые оптические узлы, как правило, обслуживали большие коаксиальные кластеры (до 2-5 тысяч абонентов) и были очень дорогими устройствами – цена на такое "железо" часто достигала двух тысяч долларов и даже выше!

Российские операторы отставали от своих более "продвинутых" американских и западных коллег по уровню проникновения помех (особенно в полосе обратного канала), с другой стороны, активное оборудование (в частности, усилители) не было рассчитано на организацию обратного канала.

Но, как говорится, нет худа без добра – бум строительства кабельных сетей в России пришелся как раз на то время, когда начали появляться оптические приемники без поддержки обратного канала, что позволило значительно упростить их конструкцию, а, следовательно, и существенно снизить цену. Более быстрое падение цен на приемники стало возможным еще по двум основным причинам – технология производства оптического оборудования значительно развилась и, кроме того, в дополнение к оборудованию от известных

американских и западных компаний на рынок хлынул поток дешевого оборудования из Азиатского региона, в первую очередь из Китая. на российском рынке. В это же время стали появляться первые модели ресиверов отечественного производства. Появление на рынке таких недорогих оптических приемников в конечном итоге позволило российским операторам начать строить сети "оптика для дома" (технологии FTTB/FTTH). Что касается интерактивности и передачи данных, то для этого стало использоваться сетевое оборудование – параллельно с сетью KTV (по другим волокнам) была развернута сеть передачи данных (оптическая Metro–Ethernet).

Помимо отказа от передатчиков с обратным каналом, в разработке оптических приемников для сетей KTV наметились две основные тенденции – во-первых, на рынке стали появляться приемники с высоким уровнем выходной мощности (около 107-110 ДБМК и даже выше). Это стало причиной появления и развития технологии FTLA – Fiber To the Last Active (последний активный элемент в сети). Название технологии говорит само за себя – после появления таких приемников с высоким уровнем выходной мощности (при строительстве "оптики в доме") необходимость в установке домашних коаксиальных усилителей отпала. Использование относительно дорогих приемников с высокими уровнями выходной мощности по сравнению с дешевыми приемниками, но имеющими низкие уровни выходной мощности, имеет ряд как технических преимуществ, так и очень часто

## **2.1 Оптический приёмник с системой АРУ SKTEL 208AS**

Современные оптические приемники с системой АРУ серии SKTEL 208AS спроектированы для работы в сетях кабельного телевидения и предназначены для преобразования модулированного оптического сигнала в радиочастотный сигнал кабельного ТВ.

Выходной каскад приемника надежно защищен от влияния внешних электромагнитных воздействий с помощью наносекундных диодных ограничителей и фильтров высокой частоты с монотонным затуханием.

Оптические приемники выполнены в компактном алюминиевом корпусе с улучшенным тепло распределением.

Использование внешнего источника электропитания от сети переменного тока позволяет оперативно осуществлять его замену в случае выхода из строя, а также облегчает использование различных схем и вариантов бесперебойного электропитания и резервирования.

Технические характеристики:

Оптические параметры:

Рабочая длина волны, нм: 1100...1650 .

Входная оптическая мощность, дБм: -9...+ 2.

Диапазон эффективной работы АРУ, дБм: -7...+ 2.

Возвратные оптические потери, не хуже, дБ: 45.

ВЧ параметры:  
 Диапазон частот, МГц: 47 ... 862.  
 Диапазон регулировки уровня, дБ: 0 ... -18.  
 Диапазон регулировки наклона, дБ: 0 ... -18.  
 Неравномерность АЧХ, дБ:  $\pm 0,75$ .  
 Рабочий выходной уровень, не менее (42 канала CENELEC, наклон АЧХ 9 дБ, СТВ >58 дБ, CSO >62 дБ), дБмкВ: 110.  
 Сопротивление нагрузки, Ом: 75.  
 Индикация входного оптического уровня и наличия питания:  
 Мигает зеленый (наличие питания), дБм: < -8  
 Горит зеленый, дБм: -8...-3.  
 Горит оранжевый, дБм: -3...+1.  
 Горит красный, дБм: >+1.  
 Общие параметры:  
 Входное напряжение постоянного тока, в пределах, В: 12  $\pm$  0,5.  
 Потребляемая мощность, не более, В\*А: 4.5.  
 Совместимый разъем питания, штекер, мм: 2.1x5.5x10.0.  
 Габариты, мм: 105x90x33.  
 Масса, кг: 0,16.  
 Тип оптического коннектора: SC/APC.  
 Тип ВЧ соединения: F.  
 Диапазон рабочих температур, °С: -20...+50.  
 Отсутствует тестовый выход.



Рисунок 2.1 – Приемник оптический SKTEL 208AS



## 2.2 Оптический приемник CXE800

Если Вы ищете недорогой, компактный и высокопроизводительный однонаправленный оптический приемник, то мы представляем для Вас CXE800.

Обширный опыт и "ноу-хау" Teleste в оптических технологиях и технологиях широкополосного усиления, объединенные с самыми последними достижениями позволяют нам предоставить кабельным операторам наилучший выбор экономичных и высоко-надежных оптических приемников.



Рисунок 2.2 - Оптический приемник CXE800

Только что созданный, CXE800 предоставляет эффективное решение для FTTH-сетей, отвечая потребностям рынка в недорогом и легко устанавливаемом оптическом приемнике.

Оптический приемник CXE800 специально разработан для областей, где главные приоритеты - ценовые показатели и простота установки.

CXE800 предоставляет превосходное решение для кабельных операторов, которые выбрали для себя экономически эффективный путь строительства современных сетей с глубоким проникновением оптики.

## 2.3 Особенности волоконно-оптического приемника CXE800

Малый вес и компактный дизайн.

Используется как для технологии 1310 нм, так и для технологии 1550 нм.

Автоматическая стабилизация выходного уровня, устраняющая влияние изменений уровня оптического сигнала (OLC).

Высокое усиление и выходной уровень на основе передовой GaAs MESFET технологии.

Регулируемый радиочастотный выход.

Практически не требуется каких-либо сменных аксессуаров.

Надежность и простота в работе.

Таблица 2.1 – Технические характеристики

Наименование параметра	Значение параметра
<b>Оптические</b>	
Длина волны, нм	1290...1600
Диапазон входной оптической мощности, dBm	-7...0
Частотный диапазон, МГц	47...862
Коэффициент возвратных потерь, dB	18
Выходной уровень, ограниченный OLC, dB $\mu$ V	110
Выходной уровень, ограниченный коэффициентом усиления (без OLC), dB $\mu$ V	118
Регулировка выходного уровня, dB	0...-15
Межкаскадное эквалайзирование, dB	0/8
Неравномерность АЧХ, dB	$\pm 0,5$
Тестовая точка, dB	-20
Шумовая плотность тока, пА/ $\sqrt$ Гц	6
Максимальный выходной уровень (СТВ/CSO=60 dB, 42 канала), dB $\mu$ V	113
Максимальный выходной уровень (XMOD=60 dB, 42 канала), dB $\mu$ V	110
<b>Общее</b>	
Потребляемая мощность, Вт	15
Напряжения питания, В	$\sim 165...255$
Коннекторы: ВЧ	F (гнездо)
Оптика	SC/APC
Конструктивный класс защиты	IP43
Диапазон рабочих температур, °C	-40...+55
Габариты, мм	182×140×84
Масса, кг	1,6

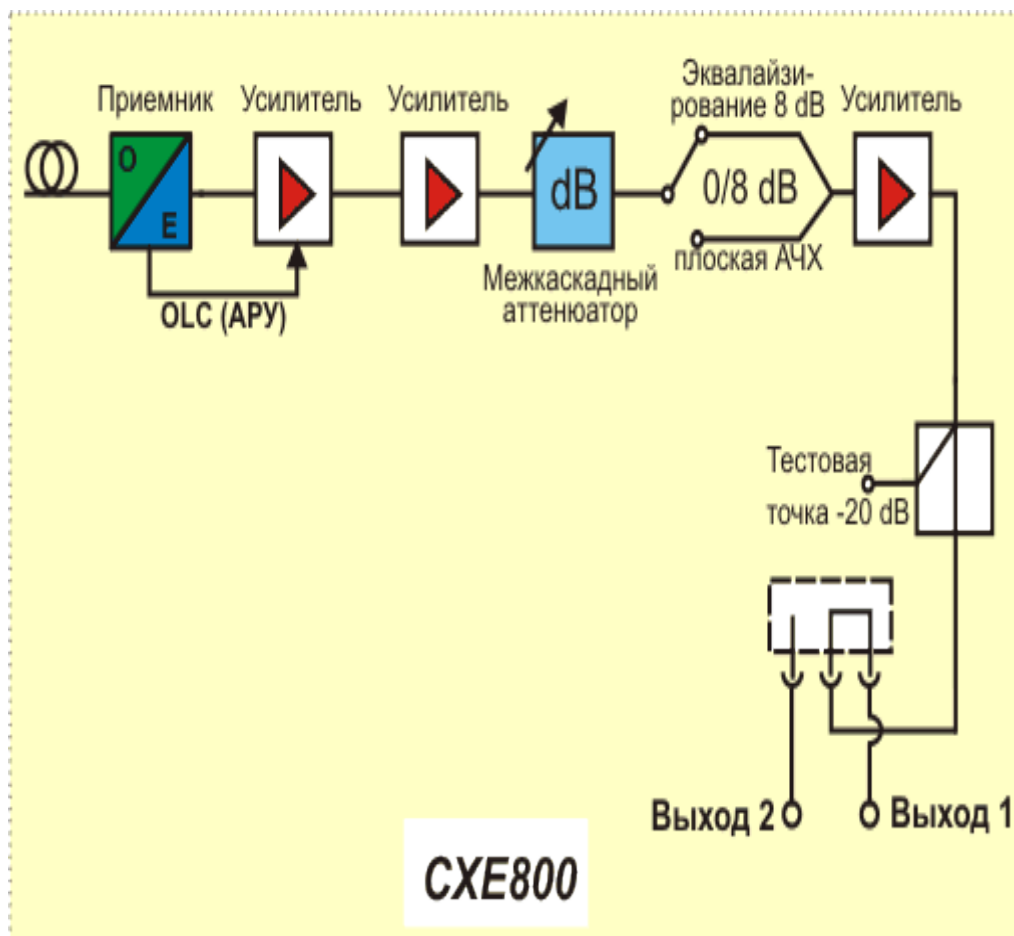


Рисунок 2.3 - Структурная схема CXE800

## 2.4 Схемы оптических приемников

На рисунке 2.4 приведены примеры схем оптических приемников (приемников светотелефонов - фотоприемников фототелефонов), которые могут быть использованы совместно с описанными оптическими передатчиками - устройствами, обеспечивающими модуляцию световых лучей видимого и инфракрасного диапазонов.

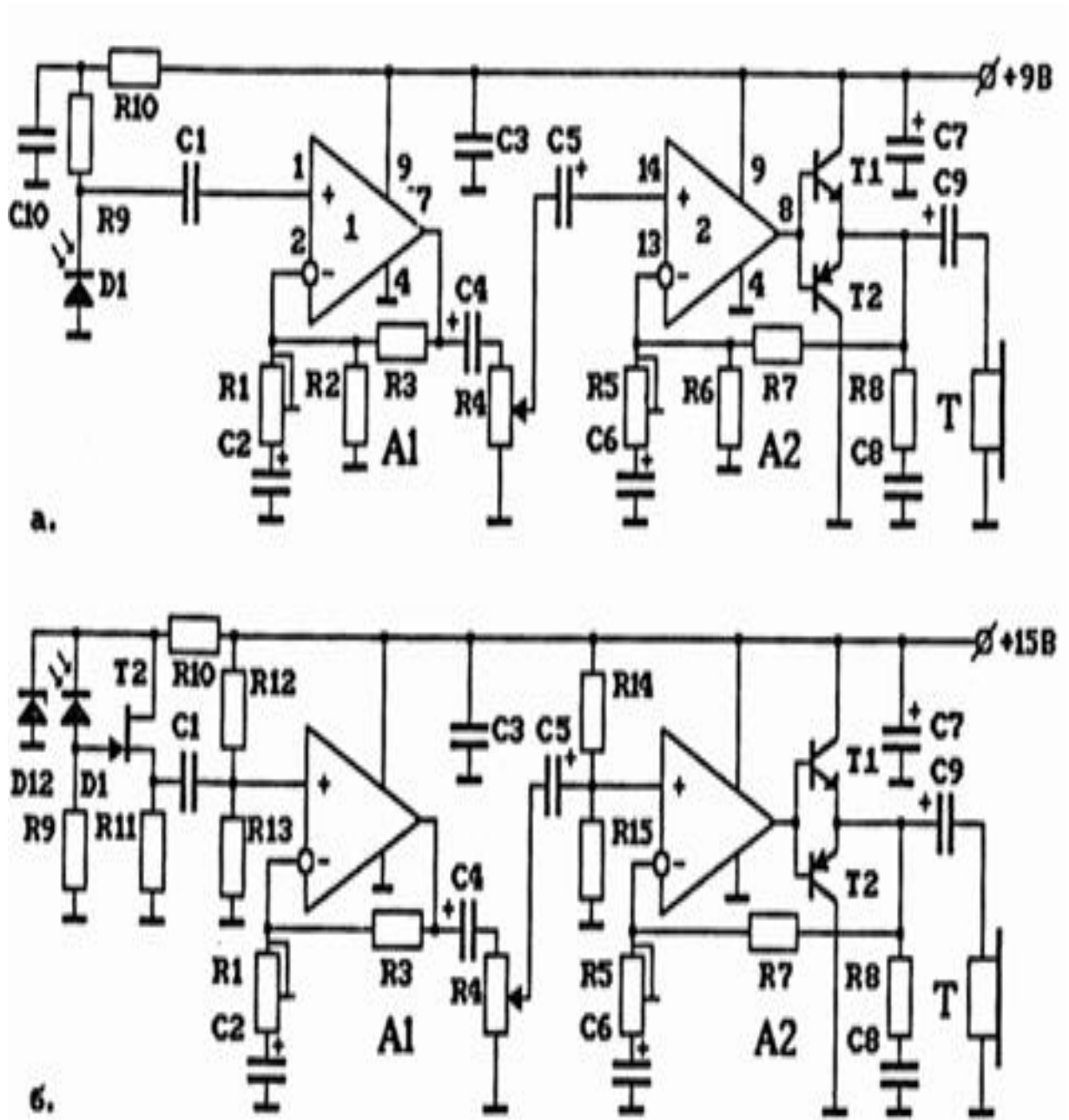


Рисунок 2.4 – Схемы оптических приемников: а - приемник на ИС К548УН1А, б - приемник с полевым транзистором и ОУ

Элементы для схемы приемника на рисунке 2.4, а:  
 $R1=1\text{к}-5\text{к}$  (регулировка чувствительности ОУ1:  $K=1+R3/R1$ ),  
 $R2=200\text{к}-300\text{к}$ ,  $R3=100\text{к}-500\text{к}$ ,  $R4=30\text{к}-100\text{к}$  (регулировка громкости),  
 $R5=1\text{к}-5\text{к}$  (регулировка чувствительности ОУ2:  $K=1+R7/R5$ ),  
 $R6=200\text{к}-300\text{к}$ ,  $R7=10\text{к}-50\text{к}$ ,  $R8=10$ ,  $R9=300\text{к}-500\text{к}$ ,  $R10=300\text{к}-500\text{м}$  ;  
 $C1=0.1-0.2$ ,  $C2=5\text{мкФ}-20\text{мкФ}$ ,  $C3=0.1-0.3$ ,  $C4=0.3-5\text{мкФ}$ ,  $C5=1\text{мкФ}-10\text{мкФ}$ ,  
 $C6=5\text{мкФ}-20\text{мкФ}$ ,  $C7=50\text{мкФ}-500\text{мкФ}$ ,  $C8=0.1$ ,  $C9=100\text{мкФ}-500\text{мкФ}$ ,  
 $C10=0.1-0.3$ ;

D1 - тип светодиода зависит от параметров излучающего элемента, например, для инфракрасного диапазона ФДК261, ФД-25к, ФД-8к или аналогичный ИФ-фотодиод;

A1, A2 - ОУ ИС КР548УН1;

T1, T2 - КТ3102, КТ3107 или КТ315, КТ361, или аналогичные комплементарные (парные) транзисторы;

T - ТМ-2А или аналогичные.

На рисунке 2.4 (а) представлен вариант схемы оптического приемника на ИС 548УН1А. Эта интегральная схема содержит в своем составе два малошумящих ОУ, требующих для своей работы однополярное питание напряжением 9В-30В. Приведенный оптический приемник может быть использован в составе фотоприемопередатчика как для света видимого диапазона, так и для инфракрасного излучения.

На рисунке 2.4 (б) представлен вариант схемы оптического приемника на ОУ широкого применения. Особенностью данной схемы является использование в первом каскаде полевого транзистора. Это позволило достичь высокого уровня соотношения сигнал/шум и необходимого высокого входного сопротивления усилителя даже при использовании ОУ невысокого качества, обладающих низким входным сопротивлением. Приведенное устройство также может быть использовано в составе фотоприемопередатчика как для света видимого диапазона, так и для инфракрасного излучения.

Элементы для схемы приемника на рисунке 2 (б):

R1=1 к-5к (регулировка чувствительности ОУ 1:  $K=1+R3/R1$ ),

R3= 100к-500к, R4=10к-50к (регулировка громкости),

R5= 1 к-5к (регулировка чувствительности ОУ2:  $K=1+R7/R5$ ), R7=10к-50к,

R8=10, ЯР9=1м-2м, R10=820-1.2к, R11=2к-3к, R12=R13=50к-200к, R14=R15=200к-300к;

C1=0.1-0.2, C2=5мкФ-20мкФ, C3=0.1-0.3, C4=1мкФ-5мкФ,

C5=1мкф-10мкФ, C6=5мкФ-20мкФ, C7=50мкФ-500мкФ, C8=0.1, C9=100мкФ-500мкФ;

D1 - тип светодиода зависит от параметров излучающего элемента, например, для инфракрасного диапазона ФДК261, ФД-25к, ФД-8к или аналогичный ИФ-фотодиод;

D2 - стабилитрон КС168А, КС162А, КС156А, при напряжении питания 9В - КС156А, КС147А, КС139А;

A1, A2 - ОУ К140УД8, К140УД6 и др. ОУ;

T1, T2 - КТ3102, КТ3107 или КТ315, КТ361, или аналогичные комплементарные (парные) транзисторы;

T - ТМ-2А или аналогичные.

## 2.5 Оптический приемник OD 005P

OD 005P - Оптический приемник, питание от сети, AGC 106 dB $\mu$ V, СТБ/CSO уровень 107 dB $\mu$ V

Возможности:

электронная установка всех параметров

АРУ привязанная к оптическому входному уровню

термокомпенсация отклонения РЧ выходного уровня

цифровая индикация оптического входного уровня и других параметров

литой металлический корпус

Разъемы:

РЧ выход и тест - типа F

оптический - SC/APC

Технические характеристики:

Длина волны: 1100-1600 nm

Оптический уровень на входе (диапазон АРУ): -7... 2 dBm

Частотный диапазон: 47-862 MHz

выходной уровень: 106 dB $\mu$ V

Импеданс: 75  $\Omega$

Напряжение питания: 230 В ~ 50/60 Гц или DC 12-18 В 4 Вт

Потребляемая мощность: 5 Вт

Диапазон рабочих температур: -20 ÷ + 50 град.С

Габариты/Вес (в упаковке): 185.5x95x47 мм/0.9 Кг

Оптический приемник является электрооптическим прибором для преобразования оптических сигналов в электрические сигналы. Он состоит из оптического детектора и промежуточных соединительных компонентов между оптическим входом и коаксиальным выходом. На вход оптического приемника подается оптический сигнал с выхода волоконно-оптической линии. Приемник обрабатывает полученный электрический сигнал, усиливая его и преобразуя импульсы тока в импульсы напряжения, чтобы сигнал с выхода приемника был совместим с той радиочастотной системой передачи, которая подключается к его выходу. Именно параметры оптического приемника во многом определяют технические возможности распределительной системы, среди которых длина регенерационного участка, рабочая полоса частот реверсного канала и качество выходного сигнала.

## 2.6 Основные факторы при выборе оптических приемников

Чувствительность фотодетектора. Она измеряется соотношением его выходного напряжения к входной оптической мощности.

Квантовая эффективность. Это характеристика, которая аналогична чувствительности диода, выраженная как отношение числа фотонов, падающих на диод, к числу порожденных ими электронов, образующих ток во внешней

цепи. Эффективность, равная 1 (или 100 %), означает, что каждый фотон увеличивает ток во внешней цепи на один электрон.

Темновой ток. Даже в отсутствии падающего света через диод протекает некоторый ток, объясняющийся тепловой генерацией электронно-дырочных пар. Этот ток, величина которого зависит от температуры прибора, называется темновым или током утечки.

Эквивалентная или средняя мощность шума (NEP). Это среднеквадратическая мощность сигнала, требуемая для получения единичного отношения сигнал/шум или минимальная оптическая мощность, необходимая для создания тока, равного собственному среднеквадратическому шумовому току прибора, который аналогичен тепловому порогу детектирования приемника.

Время нарастания (время срабатывания). Это время, которое требуется детектору для увеличения уровня его выходного электрического сигнала от 10 до 90 процентов пикового значения. Это время может составлять порядка 1 нс для лавинных диодов, около 3 - 4 нс для рpn-диодов и зависит от напряжения смещения.

Напряжение смещения. Работая с током, детектор требует смещения в рабочую область с помощью приложения к нему напряжения смещения. Обычно рpn-диоды требуют смещения менее 100 В, тогда как лавинные диоды требуют приложения нескольких тысяч вольт. Тем, что подача напряжения смещения повышает температуру фотодетектора, объясняется его влияние на время отклика, темновой ток и чувствительность прибора. С ростом смещения изменяются рабочие характеристики фотодиода.

Основным элементом приемника является фотодетектор, который преобразует поступающую энергию света в электрическую энергию выходного сигнала. В настоящее время используется главным образом два типа фотодетекторов: PIN-диоды и лавинные диоды APD. Рассмотрим в общих чертах устройство этих приборов.

PIN-диод является полупроводниковой структурой, которая включает область положительных зарядов (positive), область отрицательных зарядов (negative) и разделяющую их нейтральную область (intrinsic), обедненную носителями зарядов. Обедненная область создается обратным смещением перехода, при котором через прибор течет очень слабый обратный ток. При обратном смещении электроны стремятся выйти из n-области во внешнюю цепь и образовать дырки в p-области, обедняя носителями заряда область перехода.

Когда свет падает на поверхность диода, поглощаемые фотоны создают электронно-дырочные пары в обедненной области. Затем электроны и дырки разделяются под действием обратного смещения перехода и текут в направлении своих областей. Каждая электронно-дырочная пара производит ток в один электрон во внешней цепи.

В идеальном PIN-диоде каждый фотон создает одну электронно-дырочную пару. Если на диод падает слабый световой поток, то производимый электрический ток может быть недостаточным, чтобы детектировать его на фоне внутреннего шума самого рpn-диода и внешней цепи.

## 2.7 Характеристики PIN-диодов

Относительно простая структура по сравнению с лавинными диодами;  
Относительно слабая чувствительность к изменению температуры прибора;

Квантовая эффективность обычно менее или равна 1;

Ограниченный динамический диапазон;

Высокая прочность и длительное время эксплуатации;

Небольшая стоимость;

По сравнению с лавинными диодами низкая чувствительность при данном отношении сигнал/шум.

Лавинный фотодиод или APD (Avalanche Photo Diode) является альтернативой фотодетектору на основе PIN-диода. По сравнению с последними он имеет ряд преимуществ. Если на поверхность PIN-диода падает слабый световой поток, то выходной сигнал детектора также слаб, поэтому хотелось бы повысить его уровень перед дальнейшей его обработкой и усилением в электронной части фотоприемника.

Внутри части обедненной области лавинного диода создается сильное электрическое поле, напряженность которого отображена пиком на рисунке. Основные носители зарядов, порожденные падающими на диод фотонами (как и в PIN-диодах), при попадании в это сильное поле способны усиливать выходную энергию на несколько электрон-вольт. Сталкиваясь с кристаллической решеткой, основной носитель отдает достаточно энергии для продвижения электрона из валентной зоны в зону проводимости. Этот процесс называется ударной ионизацией. Вследствие этого неосновные носители могут создавать еще больше носителей заряда. В результате происходит явление, известное как лавинный пробой, которым и объясняется внутреннее усиление в диоде.

Количество электронов, образующих ток во внешней цепи диода, равно произведению числа падающих фотонов и коэффициента лавинного умножения прибора. Поэтому APD имеют квантовую эффективность около 4 (т.е. больше 100 %), хотя это может приводить также и к усилению шума на выходе прибора. Лавинные диоды чувствительны к изменению температуры, поэтому обычно в структуру фотодетектора на основе APD включена схема АРУ (автоматического контроля усиления), которая поддерживает стабильное напряжение смещения. Лавинные диоды обладают следующими характеристиками:

- более сложная структура по сравнению с PIN-диодами;
- чувствительность прибора зависит от его температуры;
- квантовая эффективность составляет от 3 до 4;
- более широкий динамический диапазон;
- высокая прочность и длительное время эксплуатации;
- более высокая стоимость по сравнению с PIN-диодами;
- чувствительность обычно на 5 - 6 дБ выше, чем у PIN-диодов.

Минимальные сведения об устройстве приемников необходимы как разработчику оптической системы передачи, так и обслуживающему



техническому персоналу для того, чтобы контролировать работоспособность системы и правильность детектирования. Обычно оптический приемник представляет собой чувствительный широкополосный фотодетектор с входным спектральным диапазоном, соответствующим рабочей длине волны (например, 1200 - 1600 нм для волны 1550 нм), который совмещен в одном корпусе с мощным двухступенчатым радиочастотным усилителем, имеющим высокую линейность. Для уверенного детектирования уровень оптического сигнала на входе приемника должен по крайней мере в два раза превышать уровень собственного шума приемника. Для обеспечения требуемого отношения сигнал/шум или, в случае цифровой передачи, требуемого значения BER желателен более сильный входной оптический сигнал. Это требование аналогично приемлемому соотношению уровня входного сигнала и коэффициента шума прибора в обычной высокочастотной аналоговой системе передачи. Для снижения шума в некоторые схемы оптических приемников включается трансимпедансный усилитель (усилитель напряжения, управляемый током на полевом транзисторе).

Такие приемники, в которых используются детекторы на PIN -диодах, иногда называют устройствами PIN-FET (PIN -диод с полевым транзистором). Полевой транзистор в данном случае используется для усиления выходного сигнала детектора. Поскольку активные области поверхности детектора относительно велики, эффективное введение светового сигнала с выхода волокна в детектор не представляет трудной задачи. Иногда для минимизации потерь при вводе света в детектор применяются волокна с размером сердцевины, большим, чем у используемых в звене передачи, в виде коротких отрезков гибкого волокна. Обычно приемники на основе PIN-диодов устроены более просто, чем APD. Последние, особенно в сочетании с устройством термoeлектрического контроля (ТЕС), являются более сложными приборами.

В настоящее время выпускается множество моделей оптических приемников с различными конструктивными особенностями. Сказать о всех особенностях невозможно, но попробуем осветить главные. В основе обычно лежит модульная конструкция с широким выбором модулей разного назначения. В зависимости от технических требований, предъявляемых к сети, по выбору разработчика в разных моделях могут быть установлены следующие компоненты: модуль АРУ, оптический передатчик обратного канала, дуплексер прямого и обратного каналов, дополнительные сменные делители выходного сигнала. Наличие АРУ весьма важно в сетях с меняющейся нагрузкой или в условиях плохой стабильности параметров магистральной, в частности, при низком классе головной станции. Радиочастотный усилитель строится по тем же базовым принципам и схемам, которые были описаны в предыдущей главе. Выходная ступень должна иметь высокую линейность и создается по схеме Push-Pull или Power Doubler, между ступенями усилителя включается межкаскадный эквалайзер и аттенюатор с плавной или ступенчатой регулировкой.

Несмотря на возможность передачи света по волокну в обоих направлениях, обратный канал зачастую организуется по отдельному волокну с

помощью передатчиков обратного канала, встроенных в некоторые модели оптических приемников, и оптических приемников обратного канала, устанавливаемых на головной станции. Основой оптического передатчика реверсного канала тоже служит полупроводниковый лазерный диод с системой температурной стабилизации мощности выходного излучения. Регулировка коэффициента модуляции осуществляется изменением уровня сигнала, подаваемого на модулятор излучателя, для чего на входе оптического передатчика установлен аттенюатор. Рабочая полоса частот передатчиков реверсного канала приемников может меняться в зависимости от его загруженности. Рабочая полоса оптического приемника прямого канала по выходу должна соответствовать полосе последующей распределительной сети (50 - 862 МГц или 900 - 2150 МГц).

Ряд дополнительных функциональных особенностей, предоставляемых оптическими приемниками:

- возможность питания от местной электросети или по коаксиальному кабелю;

- возможность подключения с помощью различных оптических разъемов (FC, SC, E2000) и радиочастотных разъемов (RG-11, RG-11M);

- наличие тестовых точек контроля параметров прямого и обратного каналов;

- наличие сменных диплексеров, позволяющих ступенчато менять верхнюю частоту обратного канала до 30, 55 или 65 МГц;

- наличие дополнительного оптического входа для резервирования оптической магистрали;

- наличие делителей мощности, позволяющих организовать два радиочастотных выхода;

- наличие встроенного генератора пилотной частоты для контроля оборудования системой сетевого менеджмента NMS (Network Management System) на головной станции.

Описанные характеристики и особенности приемников позволяют создавать разветвленные гибридные интерактивные сети кабельного телевидения большой канальной и абонентской емкости с достаточно протяженными магистралями без оптических репитеров. Один оптический приемник может обслуживать коаксиальный распределительный сегмент, включающий от 500 до 2000 абонентов при трансляции до 80 цифровых и аналоговых сигналов. Например, уровень входного оптического сигнала приемника OR-8601A TVBS составляет -8...+2 дБ'М, а уровень выходного сигнала составляет 112 - 116 дБ-мкВ при отношении C/N более 51 дБ. Его входной динамический диапазон, таким образом, составляет не менее 10 дБ при чувствительности -8 дБ-м на длине волны 1550 нм. При использовании оптического передатчика OT8620SQ TVBS с выходной мощностью 13 дБм на длине волны 1330 нм протяженность оптической магистрали составит более 40 км при одновременной трансляции 40 телевизионных каналов и уровне входного

сигнала 2 дБм с учетом того, что потери в волокне составят 0,4 дБ/км. Показатели СТВ и CSO этого приемника составляют соответственно более 65 и 61 дБ.

Далее приводятся требования стандарта EN-50083 к набору показателей, публикуемых производителем в спецификации оптического приемника и усилителя:

- рабочий диапазон длин волн в нм;
- диапазон входных оптических уровней;
- отношение C/N при указанном индексе оптической модуляции и входной мощности (для аналоговой передачи);
- входная мощность для указанного количества ошибок в потоке данных (для цифровой передачи);
- максимальная эквивалентная шумовая мощность NEP;
- максимальная плотность входного эквивалентного шумового тока;
- оптический коэффициент возвратных потерь по диапазону длин волн (рекомендуемое значение должно превышать 40 дБ);
- напряжение и ток питания;
- тип оптических коннекторов или сплайсов;
- тип волокна;
- средняя наработка на отказ (MTBF);
- демодуляционные характеристики:
- чувствительность по напряжению и ее допуск в В/Вт, -диапазон автоматического контроля уровня,
- номинальный рабочий выходной уровень, -диапазон выходных частот
- неравномерность амплитудно-частотной характеристики,
- интермодуляция при заявленных выходных уровнях.

Приемник может быть снабжен индикаторами отклонения входного оптического уровня. Электрический выходной порт прибора должен иметь номинальный импеданс 75 Ом (в некоторых частных случаях, указанных в стандарте, допустим импеданс 50 Ом). Коэффициент возвратных потерь должен соответствовать одной из категорий, приведенных в EN 50083.

Производители должны сообщать следующие показатели оптического усилителя:

- мощность насыщенная в зависимости от входной длины волны;
- выходная мощность насыщения в дБм в зависимости от входной длины волны;
- коэффициент шума в зависимости от входной мощности на указанной длине волны;
- показатели нелинейных искажений;
- оптический коэффициент возвратных потерь в диапазоне длин волн на входе (рекомендуемое значение должно превышать 40 дБ);
- минимальный оптический коэффициент возвратных потерь, вызванный дисперсностью отражения;
- напряжения и ток питания;
- тип волоконного соединителя или сплайса;

- тип волокна;
- среднее время наработки на отказ (MTBF).

Усилитель должен быть снабжен индикатором выходной мощности "оп", указывающим на излучение света.

## 3 Расчетная часть

### 3.1 Интеллектуальная оптическая транспортная платформа OptiX

Интеллектуальная оптическая транспортная платформа OptiX OSN 6800 (OptiX OSN 6800 для короткой передачи) называется интеллектуальная оптическая транспортная платформа Huawei следующего поколения.

OptiX OSN 6800 предназначен для локальных сетей, локальных сетей, столичных слоев конвергенции и столичных слоев ядра.

OptiX OSN 6800 использует технологии мультиплексирования с плотным разделением длины волны (DWDM) или мультиплексирования с грубой длиной волны (CWDM) для достижения прозрачной передачи с несколькими службами и большой емкостью.

OptiX OSN 6800 поддерживает следующие сетевые режимы:

- сеть точка-точка;
- цепь сети;
- кольцевой сети;
- ячеистой сети.

Он может также работать с другими WDM, SDH/SONET оборудованием, чтобы предложить полное метро WDM решение.

OptiX OSN 6800 поддерживает 40 Гбит/с и 100 Гбит/с линейные скорости и 360 Гбит/с кросс-соединение емкости. Он отличается энергосбережением, высокой надежностью и эксплуатацией.

Самая высокая емкость перекрестного соединения с гибким обслуживанием большой емкости:

- Имеет высокую емкость поперечного соединения. Одиночный subrack поддерживает максимум 360 Гбит/с кросс-подключения емкости, реализует обслуживание большой емкости. Для роуминга с большой емкостью требуется только один, что снижает энергопотребление и уменьшает площадь пола.

- Поддерживает многогранулированное перекрестное соединение OTN, то есть, перекрестное соединение ODU<sub>k</sub>, где k может быть 1, 2 или 2e.

Большая пропускная способность с гибкой архитектурой высокой плотности:

- поддерживает гибридную передачу сигналов 10 Гбит/с, 40 Гбит/с и 100 Гбит/с и поддерживает плавное обновление от сети низкого уровня до сети высокого уровня.

- поддержка модуляции ePDM-QPSK для сигналов 100 Гбит/с, не требующих дисперсионных компенсационных модулей (DCMs) и упрощения сетевых конфигураций. Расширенный возврат к нулю (RZ), коррекция ошибок вперед (FEC) и алгоритмы обработки цифрового сигнала (DSP) реализуют сверхдальнюю передачу сигналов 100 Гбит/с, который увеличивает коэффициент оптического сигнала к шуму (OSNR)

- удовлетворяет требования к широкополосной передаче с

использованием 40 Гбит/с и 100 Гбит/с линейных скоростей. Обеспечивает самую высокую степень интеграции в отрасли и поддерживает емкость 100 Гбит/с.

Уровень 1 надежность и массовая передача данных с оптимальной архитектурой:

- обеспечивает несколько схем защиты сетевого уровня и интеллектуальное управление сетью, основанное на автоматическом переключении оптической сети (ASON) /генерализованных многопротокольных технологий коммутации по меткам (GMPLS) для защиты всех волокон и услуг.

- обеспечивает защиту устройств питания, вентиляторов, досок управления связью и распределительного пула.

Отн характеристика. Технология оптической транспортной сети (OTN) обеспечивает гибкое перекрестное соединение обслуживания в сквозной манере и позволяет сервисам различных типов совместно использовать пропускную способность. Благодаря многочисленным накладкам OTN и простым операциям на NMS пользователи могут легко поддерживать сети и находить неисправности.

- Отн кросс-соединение.

С помощью перекрестных соединений OTN любой гранулярный трафик может быть объединен в любую трубу ODUk, и различные виды услуг с нескольких сайтов могут быть смешаны в одной трубе ODUk. Это обеспечивает гибкое обслуживание и улучшает использование полосы пропускания.

- E2E управление обслуживанием на основе накладных расходов OTN. С помощью множества накладных расходов OTN, определенных в ITU-T г. 708, а также простых операций на NMS, услуги могут управляться и контролироваться в сквозной манере.

С помощью накладных расходов OTN сеть OTN может прозрачно передавать клиентские услуги и обеспечивать мощные возможности для корректировки ошибок вперед (FEC). Накладные расходы и NMS вместе обеспечивают легкий сквозной мониторинг и управление обслуживанием. Они могут легко найти неисправность.

Мониторинг каналов по различным операторским сетям. Когда сети различных операторов соединены между собой, накладные расходы OTN на уровне мониторинга тандемного соединения (TCM) могут использоваться для мониторинга качества каналов, которые предоставляют различные операторы. Функция ODUk TCM позволяет легко найти неисправности.

Поддерживаемые модели обслуживания Ethernet. Согласно ITU-T, услуги Ethernet уровня 2 разделены на четыре типа: Ethernet частная линия (EPL), Ethernet Виртуальная частная линия (EVPL), Ethernet частная LAN (EPLAN), и Виртуальная локальная сеть Ethernet (EVPLAN).

Серия продуктов OptiX OTN поддерживает передачу услуг EPL/EVPL или EPLAN/EVPLAN между штаб-квартирой (HQ) компании и ее филиалами через коммутационную сеть уровня 2

Уплотнителя канала связи с грубым спектральным уплотнением, многоканальной связью, функция. OptiX OSN 6800 обеспечивает 8-длина волны

лазера уплотнителя канала связи с грубым спектральным уплотнением, многоканальной связью передачи данных с каналом расстояние 20nm в диапазон к, которые должны соответствовать ITU-T G.694.2, и может переносить 2,5 Гбит/с или 5 Гбит/с услуги по одной длине волны.

Применение. Системы CWDM не имеют платы OA. Они используют фиксированные оптические платы мультиплексора для добавления в мультиплексные одноволновые сигналы от плат OTU и отправляют мультиплексированную длину волны в линию для передачи.

Структурная схема оборудования системы OptiX OSN 8800 при мультиплексировании до 40 длин волн представлена на (рисунке 3.3).

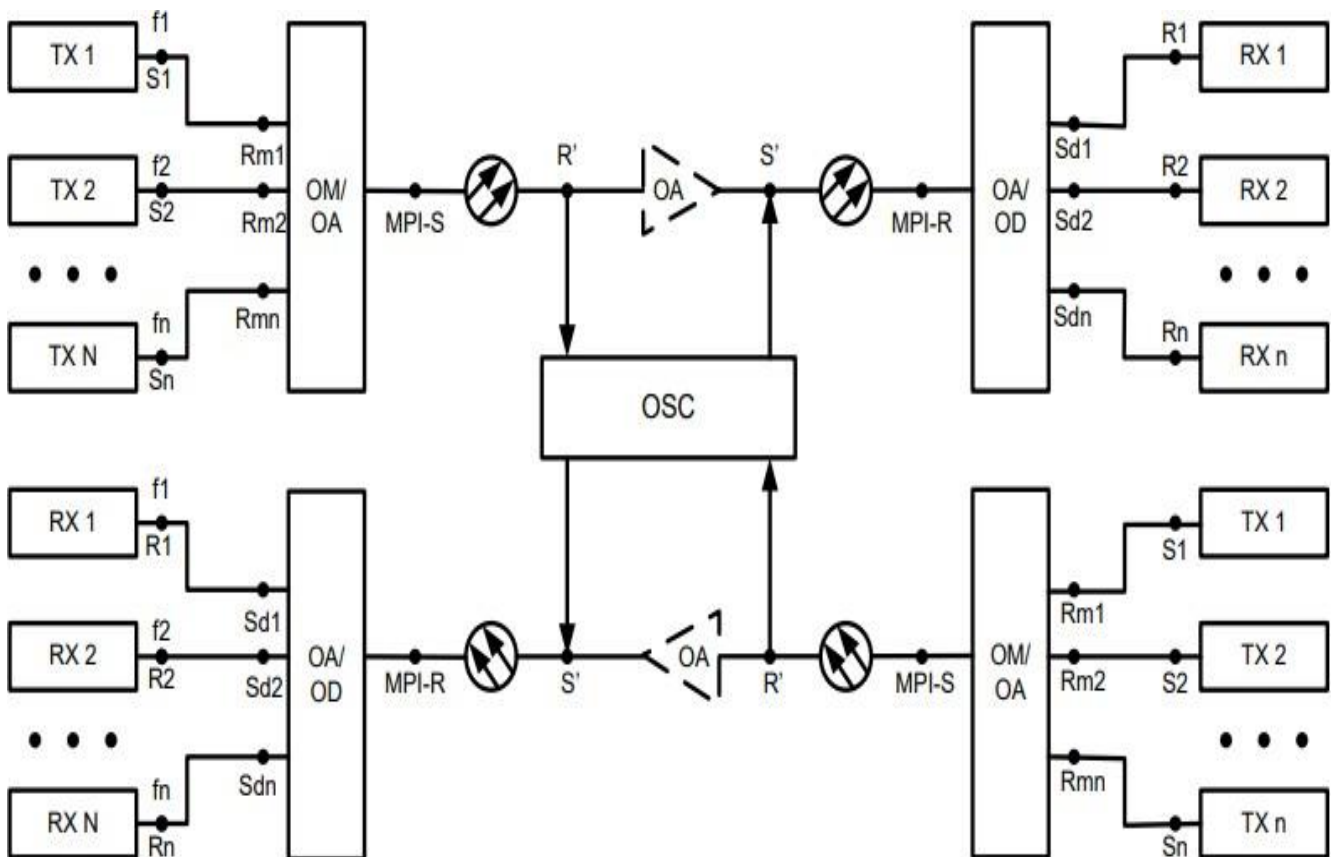


Рисунок 3.1 – Структурная схема оборудования системы OptiX OSN 6800 при использовании C – диапазона

На рисунке 3.3 приняты следующие обозначения:

- TX – передающий транспондер;
- RX1 – приёмный транспондер;
- OM/OA – блок оптического мультиплексирования/оптического усиления;
- OA/OD – блок предварительного оптического усиления/оптического демультиплексирования;
- OA – оптический линейный усилитель;
- OSC – оптический служебный канал;

- $S_1...S_n$  – эталонные точки на ОВ у выходных оптических разъёмов (ОР) передатчиков для каналов  $1...n$ ;
- $R_{m1}...R_{mn}$  – эталонные точки на ОВ непосредственно перед входным ОР блока оптического мультиплексирования/оптического усиления для каналов  $1...n$ ;
- MPI-S (интерфейс основного тракта в точке передатчика) – эталонная точка на ОВ сразу за выходным ОР блока ОМ/ОА;
- $S'$  – эталонная точка сразу за выходным ОР линейного оптического усилителя;
- $R'$  – эталонная непосредственно перед входным ОР линейного оптического усилителя;
- MPI-R (интерфейс основного тракта в точке приёмника) – эталонная точка на ОВ непосредственно перед входным ОР блока ОА/ОД;
- $S_{d1}...S_{dn}$  – эталонные точки у выходных ОР блока ОА/ОД для каналов  $1...n$ ;
- $R_1...R_n$  – эталонные точки у входных ОР приёмников для каналов  $1...n$ , соответственно.

Оптический мультиплексор ввода/вывода, представленный на (рисунке 3.4) используется для ввода/вывода до 16 каналов из основного тракта путем каскадирования плат MR2 (используется как OADM и каждая плата способна обрабатывать до 2-х каналов услуг уровня STM – 64), остальные каналы (транзитные) претерпевая усиление проходят через станцию, выполняя функции оптического усиления и функции ввода/вывода, может осуществлять уравнивание мощности для вновь добавленных каналов и других каналов в линии, с целью обеспечить уравнивание мощности разных каналов в основном потоке. Состоит из следующих функциональных элементов: блок оптического усиления (OAU и OBU/ OBU и OBU), блока оптического мультиплексора с функцией вставки/выделения (MR2), блоков компенсации дисперсии (DCM), блоков оптического транспондера (OTU), блоковоптического интерфейса (FIU), каналов управления (SC2/TC2), блок связи и управления (SCC).[8]

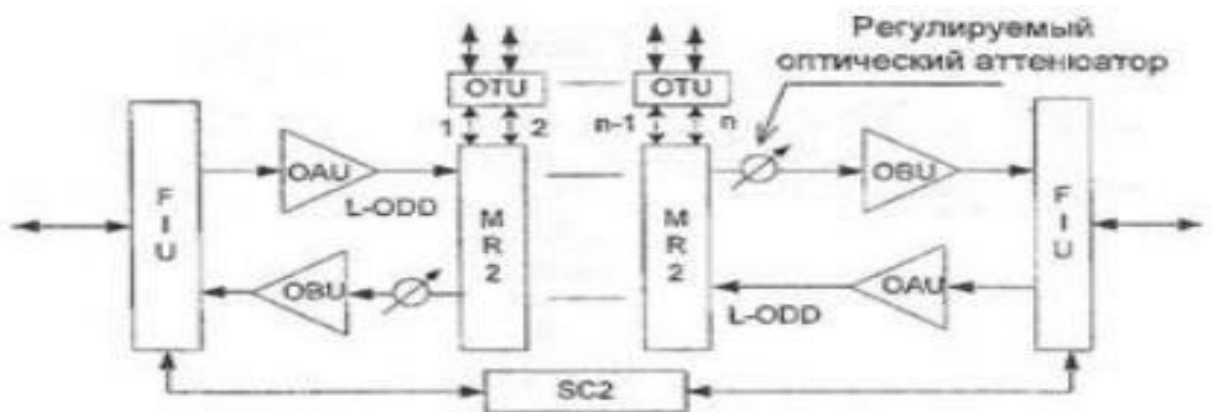


Рисунок 3.2 – Структурная схема OADM



Оборудование оптического линейного усилителя, представленное на (рисунке 3.5), устанавливается на усилительном пункте, применяется для усиления слабого оптического сигнала в сети.

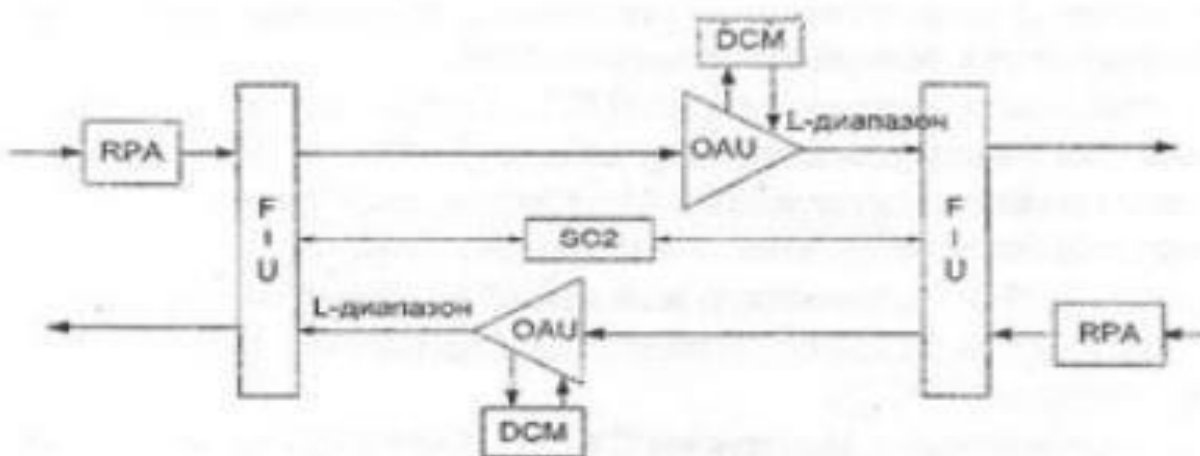


Рисунок 3.3 – Оптический линейный усилитель

Оборудование оптического линейного усилителя (OLA) увеличивает расстояние передачи оптических сигналов DWDM. За счет усиления оптического сигнала, компенсации дисперсии и передачи канала управления данное оборудование помогает достичь магистральных сетей передачи. Обычно используются усилители EDFA 23 дБ, 28 дБ и 33 дБ.

OLA состоит из следующих основных компонентов.

- блок оптического усилителя (OAU/OBU, Optical amplifier unit);
- блок интерфейса оптического волокна (FIU, Fiber interface unit); □
- блок двустороннего оптического контрольного канала (SC2) / блок двустороннего оптического контрольного канала и передачи синхронизации (TC2);
- модуль компенсации дисперсии (DCM, Dispersion compensation module).

Частотный план каналов 40 – канальной системы приведен в (таблице 3.1), все частоты выделены из C – диапазона, с частотным разнесением 50 ГГц.

Проектируемая внутризонавая ВОЛП строится по топологии «точка – точка». Система OptiX OSN 6800 будет использована в качестве терминальных оптических мультиплексоров OTM, оптических линейных усилителей OLA и мультиплексоров ввода/вывода OADM в промежуточных пунктах.

Нужно определить отношение сигнал/помеха на выходе фотоприемника (ФПР) цифровой ВОСП. Исходные данные:

$$\eta = 0,4; \quad \lambda, \text{ мкм} = 1,55; \quad R = 52 \text{ кОм}; \quad D_{\text{ш}} = 4.$$

Считается темновой ток и ток засветки пренебрежимо малыми.

Фототок определяется по формуле:

$$I_{\phi} = P_{\text{пр}} * \frac{q\eta M}{hf} = 331 \text{ мкА}$$

где  $q=1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл – заряд электрона;

$h=6.625 \cdot 10^{-34}$  Дж·с - постоянная Планка;

$f = \frac{c}{\lambda}$ , Гц – частота излучения;

$\eta$ - квантовая эффективность

$P_{\text{пр}} = P_0 \cdot 10^{-0.1(\alpha_k \cdot L_{p.d})}$  - оптическая мощность на приеме;

$\alpha_k$  - затухание кабеля, см ;

$L_{p.d}$  - длина регенерационного участка;

$P_0 = 1$  мВт - мощность на выходе источника излучения;

$M=1$  – коэффициент лавинного умножения.

Считая полосу пропускания фотоприемника равной тактовой частоте ВОСП, находим отношение сигнал/помеха по следующей формуле:

$$\xi = \frac{I_{\phi}}{\sqrt{[2 \cdot q \cdot F_{\text{ш}}(M) \cdot I_{\phi} + \frac{4 \cdot k \cdot T}{R \cdot M^2} \cdot D_{\text{ш}}] \cdot \Delta f}}$$

где  $T=280$  – температура в градусах Кельвина;

$F_{\text{ш}}(M)=1$  – коэффициент шума ЛФД;

$K=1,38 \cdot 10^{-23}$ , Дж·К<sup>-1</sup> - постоянная Больцмана;

$R$  - входное сопротивление усилителя;

$D_{\text{ш}}$  – коэффициент шума усилителя;

$\Delta f=40 \cdot 10^6$ , Гц - электрическая полоса пропускания.

Тогда минимальный уровень мощности:

$$P_{\text{перминдб}} = P_{\text{пр}} + \alpha = -50 + 52 = 22 \text{ ДБ}$$

Или:

$$P_{\text{пермин}} = 10^{0.1 \cdot P_{\text{перминдб}}} \cdot 1 \text{ мВт} = 10^{0.1 \cdot 22} \cdot 1 = 1.585 \text{ мВт}$$

где  $P_{\text{пр}}=-50$  ДБ – уровень оптического сигнала на приёме.

То есть мощность излучения на выходе передающего модуля должна быть не менее 1.5 мВт, что и требуется в техническом задании. Кроме того, источник излучения по ТЗ должен работать на длине волны 0.85 мкм и обеспечивать частоту модуляции не менее 8.5 МГц. Полупроводниковый лазер ИЛПН-203 наилучшим образом отвечает приведённым требованиям и имеет следующие характеристики:

мощность излучения:  $P_{\text{из}}=3.5$  мВт;

длина волны излучения:  $\lambda=0.85$  мкм;

ширина спектра излучения:  $D=3$  нм;  
частота модуляции:  $F_{\text{мод}}=250$  МГц;  
ток накачки:  $I_{\text{н}}=120$  мА;  
пороговый ток:  $I_{\text{пор}}=40$  мА.

Рассчитаем среднее значение напряжения, поступающего на вход детектора АРУ. Для этого определим среднюю оптическую мощность, попадающую на фотодиод:

$$P_{\text{фд}} = 10^{0.1 \cdot (P_{\text{пер}} - \alpha_{\text{уорс}})} = 10^{0.1 \cdot (2.43 - 2)} = 1.1 \text{ мВт}$$

где  $P_{\text{пер}} = 2,43$  Дб – средняя мощность оптического сигнала на выходе излучателя;

$\alpha_{\text{уорс}} = 2$  Дб – затухание оптического разветвителя.

Тогда фототок, протекающий в цепи VD1.2 под действием  $P_{\text{фд}}$ :

$$I_{\text{д}} = S \cdot P_{\text{фд}} = 0.3 \cdot 1.1 \cdot 10^{-3} = 331.22 \text{ мкА}$$

Минимальная излучаемая мощность оптического сигнала составляет 30,2 Вт.

### 3.2 Выбор кабеля

Выбор кабеля и тип его прокладки всегда совпадает с учетом характера местности и исходя из соображений минимизации затрат на прокладку, эксплуатационных расходов, удобства обслуживания.

В этом разделе рассматриваются общие принципы прокладки оптической магистрали и особенности прокладки ВОЛС.

При выборе способа строительства необходимо учитывать основные требования: минимальные затраты на строительство, минимальные затраты на эксплуатацию, иные расходы, удобство обслуживания.

При выборе марки кабеля обязательно следует учитывать все условия его прокладки, а именно, в городской телефонной канализации, грунте или при переходе через водные преграды, с учетом современных методов прокладки ОК, таких как сооружение ВОЛС путем подвески оптического кабеля на опорах линии электропередачи и электрифицированных железных дорог, пневмопрокладка оптического кабеля в защитные пластмассовые трубы небольшого диаметра, которая применима не только для строительства городских сетей, но и при строительстве междугородных и международных линий связи. Кроме линейных кабелей, необходимо выбрать станционные кабели, для прокладки внутри помещений узлов связи и оптические шнуры для концевой заделки и коммутации оптических кабелей связи.

Выбор трассы проектируемой магистрали определяется прежде всего расположением конечных пунктов и выбирается с учетом наименьшего объема работ по строительству, возможности механизации работ, обеспечения наиболее благоприятных условий эксплуатационного обслуживания и наименьших затрат

по защите кабеля от всякого рода неблагоприятных воздействий.

Трасса должна проходить через населенные пункты с целью обеспечения их связью. В черте города оптические кабели прокладываются в городской телефонной канализации (существующей либо вновь прокладываемой).

За пределами населенных пунктов трасса, как правило, должна проходить вдоль магистральных автомобильных дорог, а при отсутствии последних – вдоль железных дорог. Глубина прокладки подземных оптических кабелей, также как и электрических – 1,2 м.

В результате расчетов были вычислены число абонентов для каждого пункта и учитывая данные по варианту было вычислено общее число каналов проектируемой магистральной волоконно-оптической линии. Было определено, что количество каналов на магистрали составляет 2932 основных цифровых каналов (ОЦК). Теперь, определив количество ОЦК на проектируемой магистрали, переходим к выбору транспортного модуля и оптического кабеля.[9]

Ряд существенных отличий в проведении работ на ВОЛС обусловлен так же своеобразием конструкции ОК:

- критичностью к растягивающим усилиям;
- малыми поперечными размерами и массой;
- большими строительными длинами;
- сравнительно большими величинами затухания сростков ОВ;
- невозможностью содержания ОК под избыточным воздушным давлением.

Выбор оптимального варианта трассы кабельной линии и его оценку следует осуществлять исходя из основных условий:

- минимальной длины трассы;
- размещения трассы, как правило, в обход населенных пунктов;
- наименьшего числа пересечений с автомобильными, железными дорогами, с подземными сооружениями и с водными преградами выполнения наименьшего объема работ по строительству линейно-кабельных сооружений;
- возможности максимального применения при строительстве машин, механизмов и кабелеукладочной техники;
- минимальных затрат по защите кабелей от ударов молнии, всех видов опасных и мешающих электромагнитных влияний и коррозии;
- обеспечения лучших условий эксплуатации линейных сооружений и надежной их работы.
- в городах, рабочих, дачных поселках - преимущественно на пешеходной части улиц (под тротуарами ) и в полосе между красной линией и линией застройки.

Максимальные расстояния проектируемых трасс ВОЛС при параллельном прохождении или пересечении, подземных и наземных сооружений должны соответствовать нормам.

Исходя из потребного числа каналов, между рассматриваемыми пунктами, и принятой системой передачи, для строительства проектируемой линии связи

выбираем 24-х - волоконный одномодовый оптический кабель, работающий на длине волны 1550нм.

Проектируемая линия связи будет проходить по песчаным грунтам. Учитывая сложный характер грунта, а также некоторую сейсмическую неустойчивость района проектирования принято решение укладывать оптический кабель связи в полиэтиленовую трубу. Не смотря на повышенную себестоимость организации линии связи, а также повышенную стоимость производства работ, данный вариант прокладки необходим для обеспечения долговременного использования спроектированной линии связи. Защитная труба позволит избежать абразивных воздействий песчаного грунта вследствие термических изменений геометрических параметров кабеля, а также защитит от механического воздействия на кабель при движениях грунта в результате сейсмической активности. Кабель, удовлетворяющий данным требованиям - кабель марки ДПО производства ООО "Оптен" г. Санкт- Петербург [18].

ТУ 3587-009-48973982-2000

ТУ 3587-010-48973982-2004

ТУ 3587-001-56938994-2005

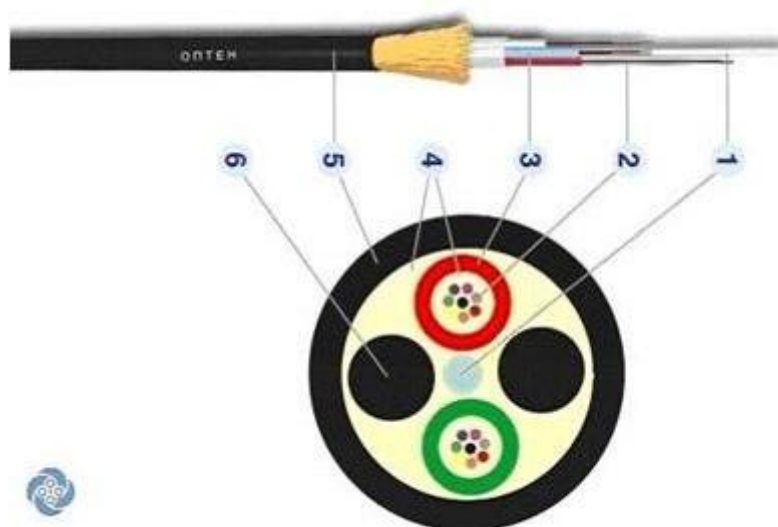


Рисунок 3.4 - Конструкция используемого кабеля

Применяемый для прокладки в канализацию и в грунт кабель ДПО, (рисунок 3.6), содержит 24 стандартных одномодовых волокна.

Конструкция кабеля:

- центральный силовой элемент: - диэлектрический;
- оптическое волокно;
- оптический модуль;
- гидрофобный гель;

- наружная оболочка, полиэтиленовая;
- кордель.

Сердечник его состоит из диэлектрического центрального силового элемента, вокруг которого наложен повив из четырех элементов: 2 модуля (по 12 оптических волокна в каждом) и два кордельных заполнителя. Весь сердечник заключен в полиэтиленовую оболочку. Свободные внутренние пространства в оптических модулях, сердечнике кабеля и пустоты в повиве стальных проволок заполнены гидрофобным компаундом.

Согласно правилам маркировки кабелей выбранный кабель имеет маркировку ОПН-ДПО-04-024С12-06.

Выбранные оптические кабели имеют следующие механические характеристики, представленные в (таблице 3.1).

Таблица 3.1 - Механические характеристики кабеля

Характеристики	Значения
Длительно допустимая растягивающая нагрузка, кН	0,2-6,0
Допустимая раздавливающая нагрузка, кН/см	$\geq 0.3$
Стойкость к изгибам на угол 90° (*)	20 циклов
Стойкость к осевым закручиваниям на угол $\pm 360^\circ$ на длине 4м	10 циклов
Стойкость к ударной нагрузке одиночного воздействия, Дж	5
Рабочий диапазон температур, °С	-60...+70
Низшая температура монтажа, °С	-10
Номинальный наружный диаметр, мм	6,5 - 18,0
Максимальная масса, кг/км	35-250

Срок службы кабеля, включая срок сохраняемости, при соблюдении указанной по эксплуатации и при отсутствии воздействий, превышающих допустимые нормы, составляет порядка 25 лет.

Характеристики оптических волокон. Оптические волокна, используемые при изготовлении кабелей “ОПТЕН” соответствуют рекомендациям ИТУ - Т G.65 -G.653, G.655, G.656.

Применяемые типы оптического волокна:

- тип А одномодовое с расширенной рабочей полосой волн; рекомендация G 652D тип Е - стандартное одномодовое;
- Рекомендация G 652В тип С - одномодовое со смещенной дисперсией;
- Рекомендация G 653 тип Н - одномодовое с ненулевой смещенной дисперсией;
- Рекомендация G 655 тип Г - многомодовое градиентное (Осердцевины 50 мкм);
- Рекомендация G 651 тип М - многомодовое градиентное

(Осердцевины 62.5 мкм);

- Рекомендация G 651 тип В - одномодовое волокно с ненулевой дисперсией для широкополосной оптической передачи;
- Рекомендация G 656. Волокна с ненулевой дисперсией для систем грубого уплотнения по длинам волн (CWDM - Coarse Wavelength Division Multiplexing)

Стандартное одномодовое волокно (тип G.652). Параметры (потери и дисперсия) этого волокна оптимизированы на длину волны 1310 нм (минимум хроматической дисперсии), оно может использоваться и в диапазоне длин волн 1525 – 1565 нм, где имеет место абсолютный минимум потерь в волокне. Волокно G.653 оптимизировано для высокоскоростной передачи на одной длине волны и имеет ограниченные возможности для передачи на нескольких длинах волн.

Одномодовое волокно со смещенной в область длин волн  $\lambda = 1550$  нм ненулевой дисперсией (тип G.655). Волокно оптимизировано для высокоскоростной передачи информации на нескольких длинах волн в диапазоне  $\lambda = 1550$  нм.

В стандартных одномодовых волокнах (G.652) определяющей является хроматическая дисперсия, которая выбрана международным союзом связистов (ITU) в качестве критерия для классификации одномодовых оптических волокон.

Для OptiX OSN 6800 нет ограничений по передаче спектральных каналов по волокнам G.652, G.654 или G.655. Волокно (G.655) обладает высокой стоимостью по сравнению с волокном (G.652), поэтому можно сделать вывод о том, что применение волокна SMF (G.652) наиболее подходящее для использования.[10]

Существует также несколько специальных типов одномодовых волокон применяемых в волоконно-оптических устройствах:

- волокна для компенсации дисперсии (DC - Dispersion Compensating), применяемые в модулях компенсации дисперсии.
- волокна с примесью редкоземельных элементов, применяемые в оптических усилителях, например, в EDFA - Erbium Doped Fiber Amplifier.
- волокна, сохраняющие состояние поляризации излучения (PM - Polarization Maintaining), применяемые в гироскопах, поляризационных делителях и смесителях.
- дырчатые волокна (Holey Fiber), применяемые в компенсаторах дисперсии, в оптических шнурах, в нелинейных элементах.

Кроме описанного выше, выбранный кабель удовлетворяют требованиям по следующим электрическим параметрам:

- сопротивление изоляции цепи «броня - земля» - не менее 2000 МО/км;
- изоляция цепей «оболочка - броня», «броня - земля» выдерживает постоянное испытательное напряжение 10 кВ частотой 50 Гц в течении 5 с;
- данный кабель выдерживает импульсный ток

растекания длительностью 60 мкс величиной 105 кА.

Оптические кабели с длинами волн 1,31 нм и 1,5 нм. представляют интерес для реализации их на внутризоновых участках т.к. позволяют реализовать регенерационные участки (РУ) длиной 60 –100 км. На сегодняшний день промышленностью выпускаются кабели: ОКЛ, ОКЗ, ОЗКГ, ОМЗКГ. Основываясь на технических характеристиках STM-64, приведенных в таблице 3.3, в нашем проекте будем использовать кабель марки СО-TG24-2.

Оптический кабель для прокладки в грунте и канализации СО - TG242. Кабель с центральным оптическим модулем, в котором располагается 24 оптических волокна. Слой брони выполнен из стальной гофрированной ленты и кроме механической защиты служит гидробарьером, который препятствует диффузии влаги через полимерные оболочки в сторону оптического волокна.

Между броней и оптическим модулем проложена водоблокирующая лента. Наружная оболочка изготовлена из УФ – стабилизированного полиэтилена высокой плотности. Для придания дополнительной прочности конструкции в наружной оболочке размещены два силовых элемента, изготовленные из стальной проволоки. В кабель закладывается оптическое волокно Fujikura - FutureGuide– LWP(соответствует ITU-T G.652.D) [11].

### 3.3 Технические характеристики оптического волокна

В волоконно-оптическом кабеле должны быть использованы одномодовые ОВ, соответствующие рекомендации МСЗ-Т 0.652 (стандартное одномодовое волокно IEC 60793-2 B1.1 & B1.3 / ITU G.652). Требования к характеристикам ОВ приведены в таблице 3.2.

Материалы для оптических волокон должны быть однородного качества и их характеристики должны соответствовать требованиям международного стандарта МЭК 60793-1 и рекомендаций МСЗ-Т 0.652.

Оптические волокна должны быть разделены и соответственно идентифицированы.

Таблица 3.2 - Оптические волокна идентифицированы

Параметр	Параметры волокна G652	Методы испытаний
Геометрические параметры		



Диаметр отражающей оболочки, мкм	125±1	Рек. G 650 МСЭ-Т, Раздел 5.2.1; МЭК 793-1-A2
Некруглость отражающей оболочки, %, не более	1,0	Рек. G 650 МСЭ-Т, Раздел 5.2.1; МЭК 793-1-A2
Неконцентричность модового поля, мкм, не более	0,6	
Диаметр по защитному покрытию, мкм	250±15	
Погрешность концентричности покрытия, мкм, не более	12	
Оптические параметры		
Коэффициент затухания оптического волокна дБ/км, не более на длине волны, -1310 нм; -1550 нм	0,35 0,22	Рек. G 650 МСЭ-Т, Раздел 5.4; МЭК 793-1- C1

Выбранный ВОК, производства изготовлен с волокнами, которые удовлетворяют данным требованиям [12].

### 3.4 Выбор полиэтиленовой трубы для прокладки оптоволоконных кабелей

Выпускаются HDPE трубы всех необходимых цветов. Спецификация труб соответствует стандарту или цветовой шкале RAL. Стандартными цветами являются оранжевый (RAL 2004), зеленый (RAL 6024), фиолетовый (RAL 7035) и черный. Под воздействием ультрафиолетового излучения цвет трубок сохраняет стабильность не менее 2 лет.

Трубки поставляются без полосок или с продольными полосками контрастного цвета, размещенными равномерно по окружности сечения труб в четырех местах, т. е. на каждых 90 градусов кругового сечения. Полоски наносятся на трубки способом коэкструзии и могут быть одинарными широкими или узкими двойными. Трубки стандартно маркируются контрастным электрокапеструйным маркератором. Маркировка высотой минимально 5 мм указывает метраж, производителя/поставщика, заказчика, размеры, тип материала, дату изготовления и идентификационный знак.

Основными единицами поставки являются барабан, большая и малая бухты, катушки, прямые отрезки.

Каждая поставляемая единица оснащена табличкой в прозрачной упаковке, на которой указано как минимум название производителя и поставщика, обозначение изделия, общий метраж или количество кусков и дата производства. Данные можно расширить в соответствии с пожеланиями заказчиков (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 - Внешний вид защитных пластиковых труб Размеры барабана и бухт. Барабан: - диаметр 225 см; - ширина 105 см; - диаметр шейки 85 см; - диаметр осевого отверстия 11,6 см Большая бухта: - внешний диаметр 222,0 см; - внутренний диаметр 106 см; - ширина 104 см. Малая бухта: - внешний диаметр 210,0 см; - внутренний диаметр 145,0 см; - ширина 50-70 см.

### 3.2 Прокладка оптического кабеля в грунт

Оптические кабели обычно прокладываются во всех категориях, с потерями или потерями, которые приводят к деформациям вечной мерзлоты. Объекты для исправления через болота и водные преграды принадлежат отдельным видимым решениям.

При укладке ОК в землю, методы укладки кабеля для электрических прав. Укладка может быть сделана вручную в другой открытой траншее или без траншеи в виде слоев ножевого кабеля. Если используются RFP, один из соответствующих методов обрабатывается с помощью RFP в земле, а затем протягивается в него. Можно проложить RFP с кабелем внутри. ОК, с ленточной броней или стальной проволокой броня обрабатывается прямо в земле. Укладка в грунт основана на температуре окружающей среды менее 10°C.

Если восприятие не ниже 30°C, кабель должен быть проложен в отапливаемом помещении в течение двух дней.

С каждым вариантом прокладывать кабель в земле для земляных работ, рыхления земли, рытья и понимания траншей и ям; Устройства бестраншейных горизонтальных скважин через улицы, железные дороги и другие средства связи для наведения порядка; Планирование маршрута до рытья траншей с пониманием и прокладкой кабельных слоев ОК или ЗПТ; Восстановление нарушенного слоя почвы.

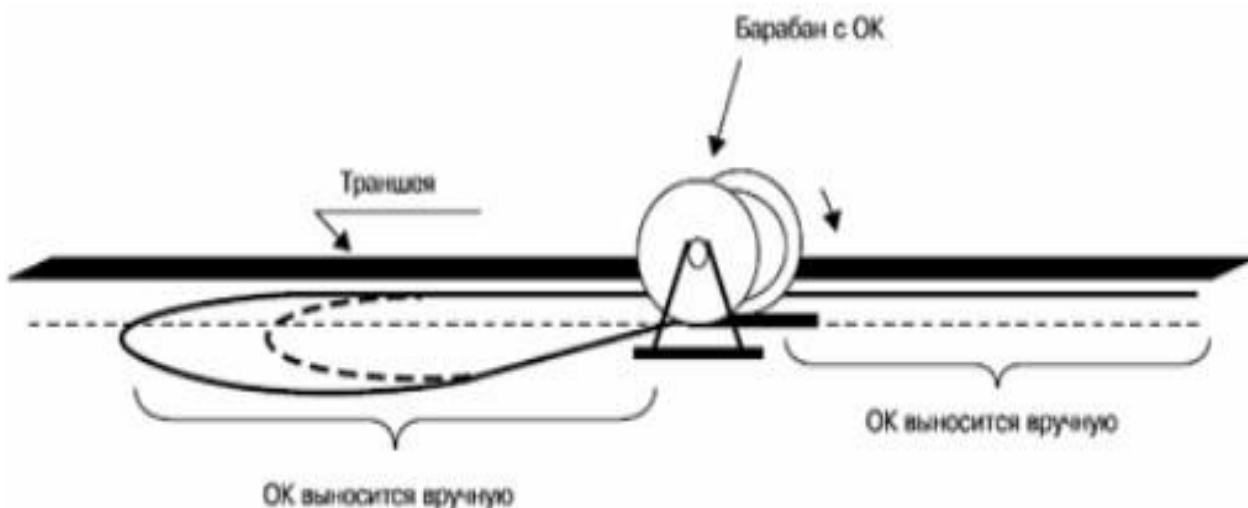
Земляные работы считаются руководящими принципами для построения

линейных структур сетей связи. Работы по наведению порядка в точках, которые пересекают защитные зоны магистральных трубопроводов газовой и нефтяной промышленности. Электрические сети должны находиться под контролем соответствующих прав на производство земляных работ в защитных зонах этих коммуникаций. Раскопки, которые соответствуют защитным зонам связи, разрешены только с письменного регламента организации, которая делает эти сообщения, и в преследовании их интересов [12].

При управлении земляными работами также должны быть приняты права на сооружения земляных работ, правила защиты коммуникаций и другие стандарты. Прокладка кабеля в открытом желобе. При укладке ОК в открытом желобе было замечено, что максимум ограничивает минимальный радиус изгиба ОК, слышал и понимал пол или песчаную кровать. Прежде чем укладывать ОК в открытом желобе под землей и выровнять камнями, строительным мусором и другими личными выгодами, хорошо после принятия решения о желобе. В скалистом правом дне траншеи будет хорошо от острых выступов и большого мусора перед укладкой. Уложить под кабель и под защитный слой мягкого грунта или песка толщиной менее 10 см. Размотайте кабель и обычно кладите его в открытый желоб. с особыми интересами. Укладка кабеля в подготовленную траншею осуществляется одним из следующих способов: после укладки кабеля в траншею или после края барабана, установленного в корпусе, или после кабельного конвейера, перемещая саму траншею; Переместить ОК на всю длину. В обоих случаях, когда барабан вращается со специальными правами или ручным касанием при намотке кабеля. Вращение барабана Воздействие вытягивания кабеля не производится. Скорость барабана постоянно задавалась при обработке укладки кабеля после трассы. Не разрешается перематывать трос петлями с барабана. При размотке следите за тем, чтобы при выходе из барабана перекрывающиеся повороты не включали резких изгибов и рывков. Если вы прокладываете трос от движущейся машины, снимите ОК с барабана от рабочих, следующих за машиной, и поместите его на дно траншей или на их край, ОК будет находиться в траншее. Траншеи не видят скорость автомобиля

1 км / ч. Если рельеф местности и дорожные условия не соответствуют условиям эксплуатации, прокладка с указанием общей длины траншеи и постоянного опускания кабеля в траншею. Количество работников, которые составляют оплату труда работника с массой кабеля не более 35 кг [13].

Расстояние между рабочими должно быть таким, чтобы кабель при выноске не волочился по земле. При недостаточном количестве рабочих применяют способ "петли". Барабан в этом случае устанавливается посередине или в другой, заранее отмеренной точке трассы. ОК должен укладываться посередине дна траншеи без натяжения и плотно прилегать к дну траншеи. При прокладке нескольких кабелей в одной траншее их следует располагать параллельно с расстоянием между ними не менее 50 мм без перекрещивания. При наличии на трассе различных пересечений кабель прокладывают способом "петли" (рисунок.3.6) [20].



Риснок 3.6 - Схематическая прокладки ОК методом "петли" Бестраншейный способ прокладки кабеля с помощью кабелеукладчика, благодаря высокой производительности и эффективности

Прокладку ВОК бестраншейным способом производят с помощью специальных кабелеукладчиков, рабочие органы которых прорезают в грунте узкую щель, укладывают кабель на заданную глубину, обеспечивая требуемый радиус изгиба кабеля при выходе из кассеты и исключая его повреждения в процессе прокладки.

Для обеспечения контроля волокна строительной длины ОК перед прокладкой сваривают шлейфом. При прокладке кабеля по заболоченным участкам в местности со сложным рельефом, плотных грунтах и т.д. возможен неравномерный ход кабелеукладчика, поэтому необходимо особенно тщательно следить за синхронностью размотки кабеля, обеспечивая его слабинку перед входом в кассету. При прокладке ОК недопустимы: вращение барабана под действием натяжения кабеля, рывки кабеля при прокладке в сложных грунтах, наличие препятствий в грунте. При любом способе прокладки ОК непосредственно в грунт в местах стыковки строительных длин отрываются котлованы 3000x1200x1200 мм для размещения оптических муфт запаса ОК. Запас ОК должен обеспечивать возможность подачи муфты в зону, удобную для организации рабочего места монтажников. Длина запаса на каждом кабеле, входящем в муфту, после укладки муфты в грунт должна быть не менее 10 м.

### 3.5 Выбор усилителя

Волоконно-оптические усилители EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) – это усилители, созданные на основе оптического волокна легированного ионами эрбия EDF (erbium doped fiber). Принципиальная схема волоконно-оптического усилителя EDFA приведена на (рисунке 3.10). Принцип

работы эрбиевого усилителя (EDFA) основан на явлении усиления света при вынужденном излучении (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ионами эрбия, введенными в сердцевину оптического волокна.



Рисунок 3.7 - Внешний вид усилителя EDFA

В усилителях используется 32-битный процессор, который на программном уровне позволяет своевременно и точно контролировать выходную оптическую мощность и различные состояния работы лазера накачки, что обеспечивает стабильную и надежную работу устройства и эффективно продлевает срок службы лазера накачки.

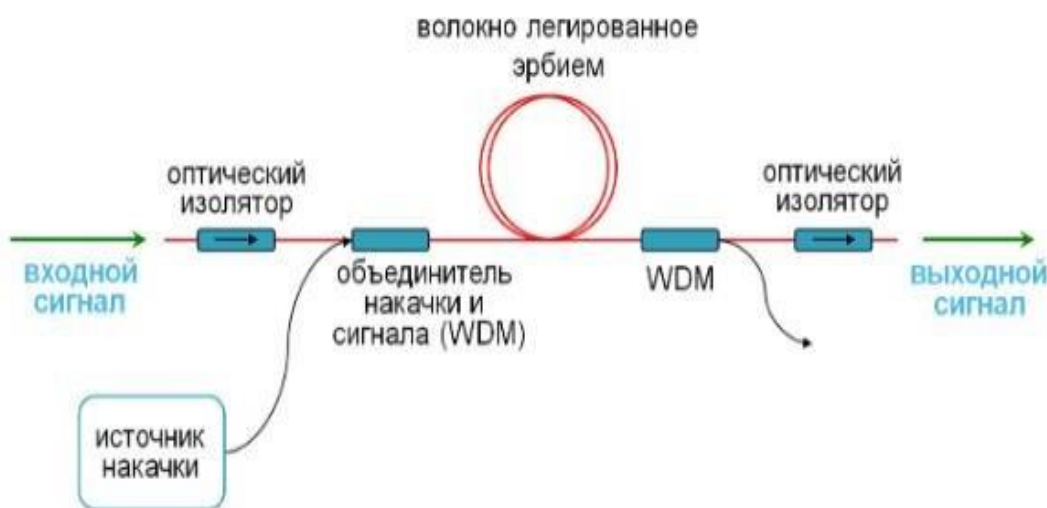


Рисунок 3.8 - Схема усилителя EDFA

Оптические усилители серии EDFA-1550 можно настраивать на месте через лицевую панель, оснащенную встроенным ЖК монитором, а так же удаленно управлять устройством и осуществлять его мониторинг. Поддержка протокола SNMP обеспечивает легкую интеграцию устройства в системы мониторинга сети оператора. Для удаленного использования усилители серии

EDFA-1550 не требует дополнительного программного обеспечения.

Эрбиевые усилители предназначены для компенсации потерь оптического сигнала в волоконно-оптических линиях связи. Усиление оптического сигнала происходит в типовом для DWDM систем «С» диапазоне (1525...1565 нм) в соответствии с сеткой частот ITU. Существуют так же оптические усилители EDFA работающие в «L» диапазоне (1565...1625нм), который позволяет увеличить количество оптических каналов в DWDM системе. На (рисунке 3.12) приведён спектр потерь в волокне и полосы усиления EDFA.

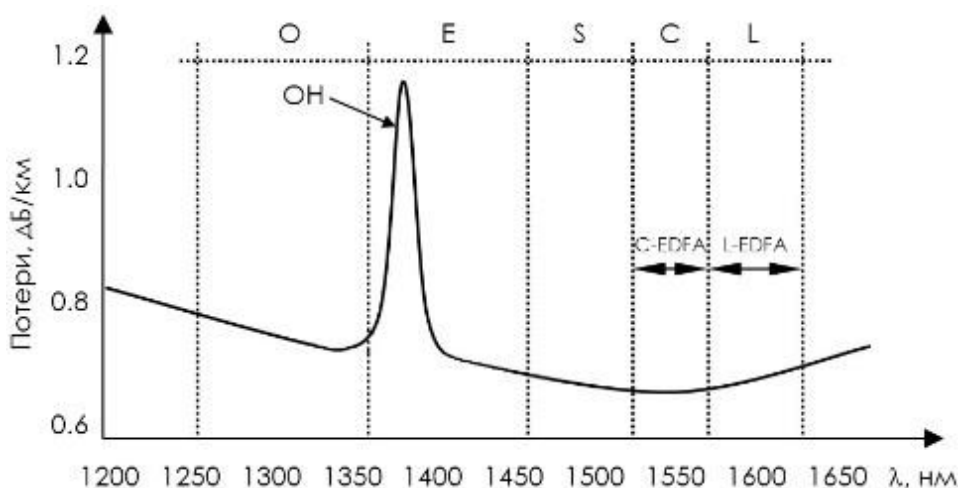


Рисунок 3.9 - Спектр потерь в волокне и полосы усиления EDFA

### 3.6 Физика процесса накачки

Накачка современных эрбиевых усилителей осуществляется светом с длинами волн 980 нм или 1480 нм. При поглощении фотонов накачки 980 нм ионы эрбия переходят из основного состояния на короткоживущий уровень, с которого за счёт процессов релаксации переходят на метастабильный уровень. Термин метастабильный означает, что время жизни частиц в этом состоянии относительно велико (10 мс). Поэтому даже при умеренном уровне мощности накачки можно перевести почти все ионы эрбия в возбуждённое состояние.

При отсутствии накачки или малом уровне ее мощности (когда населённость верхнего уровня мала) усиление отрицательно, то есть наблюдается поглощение. По мере увеличения мощности накачки все большее число активных ионов переходит в возбуждённое состояние. Это приводит сначала к уменьшению коэффициента поглощения, а затем к усилению света. Отметим также, что спектр усиления несколько сдвинут в длинноволновую область относительно спектра поглощения.[14]

### **3.7 Достоинства серии EDFA-1550**

- гарантированное качество за счет использования легированного волокна от компании JDSU (США) и высоконадежного лазера накачки от компании Fitel (Япония);
- второй лазер накачки для моделей с 24дБм и выше;
- опциональная возможность установки второго лазера накачки для усилителей с бюджетом 21, 22 и 23дБм;
- двойное легирование оптического волокна эрбием (Er) и иттербием (Yb) для моделей с бюджетом более 25дБм;
- опциональная возможность установки WDM/PON мультиплексоров для устройств с бюджетом более 25дБм и количеством выходов 4, 8, 16, 32 и 64;
- интеллектуальная система контроля и стабильности работы устройства на базе 32-битного процессора;
- удаленный контроль параметров и управление устройством (поддержка протокола SNMP);
- интуитивно-понятный web-интерфейс управления;
- два блока питания, основной и резервный, возможность горячей замены (hot-swap);
- встроенный ЖК монитор с 160x32 пиксельной матрицей на передней панели отображает все рабочие параметры;
- шасси 1U от 1 до 16 выходов, шасси 2U от 16 до 64 выходов;
- простой монтаж: установка в стандартную 19" стойку;
- полнофункциональное standalone-устройство, не требующее специальных программных продуктов и дополнительного оборудования.

### **3.8 Разбивка трассы на секции мультиплексирования и регенерации**

Сеть SDH большой протяженности можно представить в виде последовательного соединения ряда секций, специфицированных в Рекомендациях ITU-T G.957 и G.958. Маршрут ЦСП синхронно-цифровой иерархии состоит из регенерационных и мультиплексных секций. Принято различать три типа стандартизированных участков (секций) – оптическая секция (участок от точки электронно-оптического до точки оптоэлектронного преобразователя сигнала), мультиплексная секция и регенерационная секция.

Мультиплексные секции организуются между соседними терминальными мультиплексорами и мультиплексорами ввода/вывода. Регенерационные секции организуются между соседними мультиплексорами, работающими в режиме регенераторов или между регенератором и мультиплексором (терминальным, ввода/вывода).

Разбивка трассы производится вначале на секции мультиплексирования, а затем на секции регенерации. Мультиплексоры

ввода/вывода цифровых потоков устанавливаются обычно в крупных узловых центрах на протяжении магистрали. Затем, мультиплексные секции разбиваются на регенерационные секции длиной  $L_{p.c}$

$$L_{p.c} = l_{p,y} - 0.1l_{p,y}, \quad (3.1)$$

где  $L_{p.c}$  — длина регенерационной секции, с учетом технологического запаса кабеля, км;

$L_{p.c}$  — рассчитанная проектная длина регенерационного участка, км;  
 $L_{p.c} = 90,3 - 0,190,3 = 320$  (км).

Примерная схема установки мультиплексоров и регенераторов на магистрали (при длине волны = 1,31 мкм; длина регенерац. секции = 320 км)



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте были рассмотрены все основные вопросы, связанные с проектом строительства волоконно – оптических линий передачи.

Построение крупных кабельных телевизионных сетей невозможно без использования оптического волокна в качестве транспортной или магистральной линии передачи от головного оборудования к распределительным абонентским сегментам, выполняемым, как правило, на основе коаксиального кабеля. В начале оптической линии, на головной станции, устанавливается оптический передатчик. Конечным прибором оптической линии является оптический приемник. При большой протяженности магистрали или транспортной линии возможно включение между передатчиком и приемником оптического усилителя, но в обычных сетях кабельного телевидения в этом нет необходимости. Во многом качество передачи в оптической линии определяется качеством волокна.

Искажения и шумы для цифровых и аналоговых оптических систем определяются разными показателями и измеряются в разных единицах. Преобразование времени нарастания в полосу частот возможно. В спецификации на аналоговое активное оборудование и оптическое волокно обычно даются в тех же терминах, что и спецификации на активное оборудование коаксиальных систем. Это позволяет находить комплексные показатели качества гибридной системы методом комбинирования с помощью диаграмм или аналитических выражений и упрощает, тем самым расчеты при проектировании системы, включающей волоконно-оптические сегменты и коаксиальную структуру. Как и в коаксиальных системах, в аналоговых оптических системах величины интермодуляционных искажений зависят от числа телевизионных сигналов и уровня выходного оптического сигнала передатчика. Величина шума зависит от устройства приемника и уровня оптического сигнала на входе приемника.

Была выбрана трасса и способ прокладки оптического кабеля. В качестве способа прокладки оптического кабеля был выбран метод прокладки в защитных пластмассовых трубках, дающий огромное количество преимуществ, описанных в дипломном проекте. Были выбраны оптический кабель ОКЛ–01–6–24–10/125–0,36/0,22–3,5/18–2,7

Волоконно – оптическая система передачи на данном участке была спроектирована с применением технологии волнового уплотнения каналов.

На основании изучения технических требований к основным узлам аппаратуры DWDM и анализа промышленных систем волнового уплотнения было выбрано оборудование фирмы Huawei. Оптическая система передачи OptiX OSN 6800 на основе технологии DDWDM является новым поколением систем оптической передачи DWDM с высоким объемом передачи на длинные расстояния.

Подробно рассмотрена технология строительства ВОЛП с использованием защитных пластмассовых труб, описаны методы прокладки этих труб на всех участках трассы, способ задувки оптического кабеля в защитные трубы.

При проектировании ВОЛП были рассмотрены основные параметры надежности, которые являются обобщающим показателем работы средств связи, а также факторы, влияющие на надежность. Полученные в результате расчетов значения параметров надежности удовлетворяют нормативными показателями, что говорит о правильности выбора оборудования и оптического кабеля.

Темпы развития телекоммуникаций настолько стремительны, что такой запас в наращивание каналов полностью оправдан.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Основы телекоммуникаций // (Персональная страница Николая Пономаренко) / Ин-т ядер. физики, Новосибирск, 2003.
- 2 URL:<http://k504.khai.edu/index.php/abiturient/150-что-такое-telekommunikatsii/267-что-такое-telekommunikatsii-i-iz-chego-oni-sostoyat> (дата обращения: 20.03.2020).
- 3 URL: <http://www.xdsl.ru/articles/kran.htm> - сайт DWDM-технологии(дата обращения: 15.05.2020)
- 4 URL: <http://ru.wikipedia.org> <http://ru.wikipedia.org/wiki/Fttx> - сайт Wikipedia.org
- 5 "Сети и системы связи" №9, 09.2008. - М: Радио и связь, 2008
- 6 "Lightwave" 01.2004. - М: Высокие технологии, 2004
- 7 Современный подход к проектированию систем DWDM. - Сп-б: Гипросвязь, 2009
- 8 Руководство по техническому учету оборудования и паспортизации сооружений ГТС. - М: Главное управление городской телефонной связи, 1979
- 9 ВОКС. Волоконно-оптическая кроссовая система. - М: Связьстройдеталь, 2011
- 10 Р.Р Убайдуллаев Волоконно- оптические сети М: Эко-Трендз 2001г
- 11 Охрана труда на предприятиях связи. / Н.И. Баклашов, Н.Ж. Китаева, 97.
- 12 URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=564055> (дата обращения 18.04.2020)
- 13 URL: <http://rftel.ru/populyarnyy-opticheskiy-usilitel-1550-nm-20-dbm>(дата обращения 18.04.2020)
- 14 URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=564055>(дата обращения 18.04.2020)
- 15 URL:[https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dDWDM/dDWDM\\_Intro/16\\_5311757.pdf](https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dDWDM/dDWDM_Intro/16_5311757.pdf) (дата обращения 19.05.2020)
- 16 URL:[https://www.tutorialspoint.com/optical\\_networks/optical\\_networks\\_DWDM\\_technology.htm](https://www.tutorialspoint.com/optical_networks/optical_networks_DWDM_technology.htm) (дата обращения 20.05.2020)
- 17 URL:<https://www.globalspec.com/reference/21551/160210/chapter-4-2-dDWDM-network-topologies-review>(дата обращения 05.04.2020)
- 18 URL: <https://www.fiberlabs.com/glossary/about-DWDM/>(дата обращения 01.05.2020)

**ОТЗЫВ**

**НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

Абашев Қайыпназар Серікұлы

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Тема: «Анализ оптических приемников»

Дипломная работа построена следующим образом: введение, обзор существующих приемников и выбор элементной базы, принципы работы оптических приемников, технические характеристики, выводы, список литературы.

Даны определение и классификация приемников излучения, параметры приемников излучения, инерционность, спектральные параметры.

Приведены приемники цифровых волоконно-оптических системы связи. Анализированы оптический приемник с системой АРУ SKTEL 208 AS, Оптический приемник CXE800. Даны особенности волоконно-оптического приемника CXE800, схемы оптических приемников. Основные факторы при выборе оптических приемников.

Основные выводы содержатся в заключении.

Дипломная работа Абашев Қайыпназар Серікұлы может быть рекомендована к защите с присвоением ему академической степени бакалавра по образовательной программе 6B07104 «Electronic and Eletrical Engineering» и оценивается на оценку 85 (хорошо).

Научный руководитель:  
ассоц-профессор, к.т.н



Дараев А.М.

« 207 » 05 2024 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

На дипломную работу

Абашев Қайыпназар Серікұлы

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

На тему: «Анализ оптических приемников»

### ЗАМЕЧАНИЕ К РАБОТЕ

В работе студента Абашев Қайыпназар Серікұлы, описывается процесс анализа, разработки оптических приемников.

Первая глава включает в себя анализ приемников излучения и разработку структуры на основе данного анализа, а также описание подбора элементной базы для реализации данной работы.

Во второй главе приведены основные факторы при выборе оптических приемников, включающее в себя подбор материалов.

В третьей главе подробно рассчитываются технические характеристики оптического волокна, расчет фототока оптических приемников, физика процесса накачки и разбивка трассы на секции.

### Оценка работы

Студент отлично ориентируется в теоретическом материале, работа выполнена согласно техническому заданию к дипломной работе, соблюдены все стандарты университета по написанию дипломных работ.

Считаю, что дипломная работа выполнена на хорошо (В, 85%), а дипломант, Абашев Қайыпназар Серікұлы, заслуживает присвоения академической степени бакалавра специальности 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering.

Рецензент  
PhD, ассоц.проф.,  
Алматинского университета  
энергетики и связи им. Г.Даукеева

 Утепбергенов И.Т.

«27» 05 2024 г.



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Абашев Қайыпназар Серікұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ оптических приемников

Научный руководитель: Абдумажит Дараев

Коэффициент Подобия 1: 5.7

Коэффициент Подобия 2: 0.9

Микропробелы: 51

Знаки из других алфавитов: 12

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрывтия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

2024-05-28

Дата

27.05.24

Сұлғат Марқсұлы

проверяющий эксперт

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Абашев Қайыпназар Серікұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Анализ оптических приемников

**Научный руководитель:** Абдумажит Дараев

**Коэффициент Подобия 1:** 5.7

**Коэффициент Подобия 2:** 0.9

**Микропробелы:** 51

**Знаки из других алфавитов:** 12

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2024-05-28

*Дата*

*Заведующий кафедрой*



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор:** Абашев Қайыпназар Серікұлы

**Тақырыбы:** Анализ оптических приемников

**Жетекшісі:** Абдумажит Дараев

**1-ұқсастық коэффициенті (30):** 5.7

**2-ұқсастық коэффициенті (5):** 0.9

**Дәйексөз (35):** 1.4

**Әріптерді ауыстыру:** 12

**Аралықтар:** 0

**Шағын кеңістіктер:** 51

**Ақ белгілер:** 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

2024-05-28

Күні

Кафедра меңгерушісі

