

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева



Институт автоматизации и информационных систем

Кафедра «Электроника, телекоммуникации и космических технологии»

Бисенов Рустамжан Арманулы

Анализ работы оптических регенераторов

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева



Институт автоматизации и информационных систем

Кафедра « Электроника, телекоммуникации и космические технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭТ и КТ
канд. техн. наук

Е. Таштай
« 20 » « 05 » 2022 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Анализ работы оптических регенераторов»

по специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил



Бисенов Р.А.

Рецензент

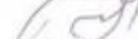
Ассоц. профессор АУЭС, к.т.н.

 Чечимбаева К.С.

Подпись Ф.И.О.
« 20 » « 05 » 2022 г.

Научный руководитель

м.т.н., тьютор

 Байкенова Г.М.

Подпись Ф.И.О.
« 20 » « 05 » 2022 г.

Алматы 2022.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева



Институт автоматизации и информационных систем

Кафедра «Электроника, телекоммуникации и космические технологии»

5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ЭТиКТ
Е.Таштай
« 21 » Кл 2021г

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Бисенов Рустамжан Арманулы

Тема: «Анализ работы оптических регенераторов».

Утверждена приказом Ректора Университета №140-Б от «24» января 2022 года.

Срок сдачи законченной работы «15» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломной работе:

- 1) История развития волоконно-оптической линии связи;
- 2) Основные характеристики и структурная схема регенератора;

Краткое содержание к дипломной работе:

- а) Краткий обзор регенератора;
- б) Методы типового расположения регенератора;
- в) Расчет пропускной способности регенераторов; Расчет длины регенерационного участка.
- г) Выбор регенератора;
- д) Разбивка трассы на секции регенерации.

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

ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Теоретическая часть	10.01.2022-20.01.2022	Отчет – не менее 5 стр и 1-2 слайда
Основная часть	20.01.2022-10.02.2022.	Отчет не менее 5-10 стр , 1-2.
Расчетная часть	11.02.2022-28.02.2022.	Отчет не менее 10 стр . 3-5 слайдов 5
Заключение	01.03.2022-30.03.2022	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
Нормоконтролер	Магистр технических наук Досбаев Ж.М.	23.05.2022	

Научный руководитель  Байкенова Г.М.
подпись *ф.и.о.*

Задание принял к исполнению обучающийся  Бисенов Р.А.

Дата «23» 05 2022 г

АҢДАПТА

Бұл дипломдық жұмыста оптикалық регенератордың жұмысын талдау тапсырмасы орындалды. Талдау мыналарды қамтиды: регенератордың сипаттамасы, күшейткішпен салыстыру, регенератордың жұмысы. Сызықтық регенераторды талдау, оның құрамдас бөліктеріне сипаттама. GPON стандартындағы регенератор.

Регенерация аймағын, әлсіреу мен дисперсияны аналитикалық талдау есебі.

Алматы-Балқаш тас жолының мысалында аппаратты таңдай отырып, регенерация алаңының толық есебі жасалды.

Есептік бөлікке мыналар кіреді: кабельді әлсірету бойынша тарату құрылғыларын есептеу, дисперсия бойынша есептеу.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе выполнялась задача по анализу работы оптического регенератора. Анализ включает в себя: описание регенератора, сравнение с усилителем, работа регенератора. Разбор линейного регенератора, описание его составляющих. Регенератор в стандарте GPON.

Аналитический разбор вычисление регенерационного участка, по затуханию и по дисперсии.

На примере магистрали Алматы – Балхаш сделан полный расчет регенерационного участка, с выбором аппарата.

В расчетную часть входят: расчёт РУ по затуханию кабеля, расчет по дисперсии.

ANNOTATION

In this thesis work, the task of analyzing the operation of an optical regenerator was carried out. The analysis includes: description of the regenerator, comparison with the amplifier, operation of the regenerator. Analysis of the linear regenerator, description of its components. Regenerator in GPON standard.

Analytical analysis calculation of the regeneration area, attenuation and dispersion.

On the example of the Almaty-Balkhash highway, a complete calculation of the regeneration site was made, with the choice of apparatus.

The calculation part includes: calculation of switchgear by cable attenuation, calculation by dispersion.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Оптические регенераторы.	10
1.1 ВОЛС	10
1.2 Определение оптического регенератора	10
1.3 Как работает оптический регенератор	11
1.4 Чем регенератор отличается от усилителя	11
1.5 К какой электросети подсоединить удаленные регенераты	12
1.6 Стандарт GPON	14
1.7 Полностью оптические регенераторы	16
2 Регенерационный участок	20
2.1 РУ по затуханию.	20
2.2 Длина РУ по расчету пропускной способности.	22
3 Расчет регенерационного участка на участке Алматы - Балхаш	23
3.1 Расчёт длины участка регенерации	23
Заключение	37
Список использованной литературы	38

ВВЕДЕНИЕ

С развитием технологии возрастает необходимость высокоскоростного и надежного интернета. Благо все крупные города уже имеют подключение к такому интернету. Но как же быть с небольшими населёнными пунктами или дальними городам, которые расположены в далекой степи. Но и эта проблема решена благодаря волоконно-оптической линии связи. ВОЛС на сегодняшний день беспрецедентный лидер на рынке телекоммуникации. Благодаря широкой полосе пропускания, эта технология имеет огромные преимущества от остальных технологий.

ВОЛС имеет большое преимущество на магистрали, но и эта система не идеальна. ВОЛС имеет недостаток в виде затухание на расстояние и дисперсия. Для решения этой проблемы нужны устройства которые могут восстановить форму сигнала, удалить шумы, а также усилить его до изначального уровня. Такое устройство уже разработано он носит название регенератор. Но регенератор не полностью оптический, он имеет на половину электрическую часть.

В этой дипломной работе я сделал анализ работы, одного из важнейших частей для проектирование ВОЛС, оптического регенератора. Мною, на примере было рассчитано регенерационный участок на трассе Алматы – Балхаш.

Актуальность моего анализа работы оптического регенератора заключатся в том, что, сейчас спрос возрос на высокоскоростной интернет, пандемия показало, что выход в интернет имеют не все. Надеюсь благодаря моему труду, будет проще прокладывать оптоволокно в различные части страны.

Цель данной дипломной работы:

- а) Краткий обзор регенератора;
- б) Методы типового расположения регенератора;
- в) Расчет пропускной способности регенераторов; Расчет длины регенерационного участка.
- г) Выбор регенератора;
- д) Разбивка трассы на секции регенерации.

Для расчета регенерационного участка мною было выбрана трасса Алматы – Балхаш. Протяжённость трассы составляет 618 км.

1 ОПТИЧЕСКИЕ РЕГЕНЕРАТОРЫ.

1.1 ВОЛС

Оптоволокно – это среда передачи, которая используется в современных наземных сетях связи. Оптоволокно позволяет передавать качественно и быстро огромное количество информации. Потому что полоса пропускания и емкость канала очень обширная. Даже на сегодняшний день неизвестно граница скорости и емкость канала, все ограничивает технические возможности. Если представить, что 1 бит/с емкости канала равно 1 герцу полосы пропускания, можно сделать вывод, что емкость безгранична. Даже радиочастотный спектр который используем может быть передан по одному волокну. По нынешним технологиям на один битовый поток получилось достичь 10 Гбит/с. При использовании волнового мультиплексирования по одному волокну можно пропустить не менее 80 таких потоков. Как вы уже понимаете это будущая сеть которая покрывает весь мир. Даже сейчас наш любимый интернет, объединяет оптоволокно. Тысячи км по океану лежит оптоволокно. Оптоволокно объединяет континенты. При расширении линии ВОЛС сталкиваемся с проблемой в виде помех искажений.

1.2 Определение оптического регенератора

Для увеличения длины ВОЛС требуется решить несколько проблем, вытекающих из-за физических недостатков материала. С увеличением длины оптоволокна увеличивается и затухание сигнала примерно каждые 50 - 100 км на 10 - 20 дБ. Чтобы увеличить до этих значений длины применяют оптические усилители, но что делать если при монтаже или во время усиления сигнала также усилилась и его шум. В такие сигналы приходят до приемника до не читаемости. Чтобы такие сигналы восстановить понадобится еще одно активное устройство в виде «регенераторов» Регенератор в отличие от того же «усилителя» умеет восстанавливать до исходного сигнала.

Регенератор – это устройство для восстановления искаженного сигнала и последующее усиление его. Регенератор принимает в свой ход искаженный сигнал на фоточувствительный приемник, где он преобразует оптический сигнал в электрическую, восстанавливает, а после обратно преобразует в оптический сигнал. В волоконно-оптических линиях связи это активный компонент, которому нужно прямое подключение к электросети.

1.3 Как работает оптический регенератор



Рисунок 1.1 – Блок-схема упрощенного оптического регенератора

На примере автономного регенератора можно рассмотреть его работу. Во вход оптического регенератора попадает оптический сигнал, к примеру, мог быть искаженным и ослабленным из-за накопленной дисперсии и потерь в соединительных участках которую он прошел. Оптический импульс представляют из себя логическую 1, а вот отсутствие импульсов или его низкое значение представляют логический 0. То есть эти импульсы преобразуются в электрические 1 и 0. Для восстановления сигнала по тактовой синхронизации, преобразованный сигнал передается в электрическую схему. В современных PIN – приемниках решение о битовой позиции 1 и 0 определяется во время демодуляции оптического сигнала.

На рисунке (1.1) видно, что сигнал передается в блок ТТФ (терминирования транспортной функции) SDH. Далее, следящим действием получают доступ к заголовку SDH. Транспортный заголовок передает центру управления статус регенератора и качество битового потока.

Из блока ТТФ SDH сигнал далее передается к лазерному передатчику, который в свою очередь начинает генерировать оптические импульсы по подобию электрического сигнала. Уровень сигнала на выходе находится в диапазонах от 0 до +3 дБ. Конечно если мы хотим увеличить расстояние между ретрансляторами или между мультиплексорами, нужно установить оптический усилитель на выходе регенератора, это может усилить до 15 – 20 дБ.

1.4 Чем регенератор отличается от усилителя

Оптическое регенерационное устройство в основном обладают двумя преимуществами перед оптическим усилителем.

Во-первых, в усилителе отсутствует функция регенерации цифровых сигналов сигнал, а регенератора это функция имеется. Из-за шумов или искажении в сигнале который получает усилитель на входе, усилитель

усиливает также и эти неприятные шумы (рис.1.2). Что такая проблема для регенератора не имеет месту быть. Он очищает и возвращает в прежнюю форму сигнала. После восстановленный сигнал уже передается в передатчик.

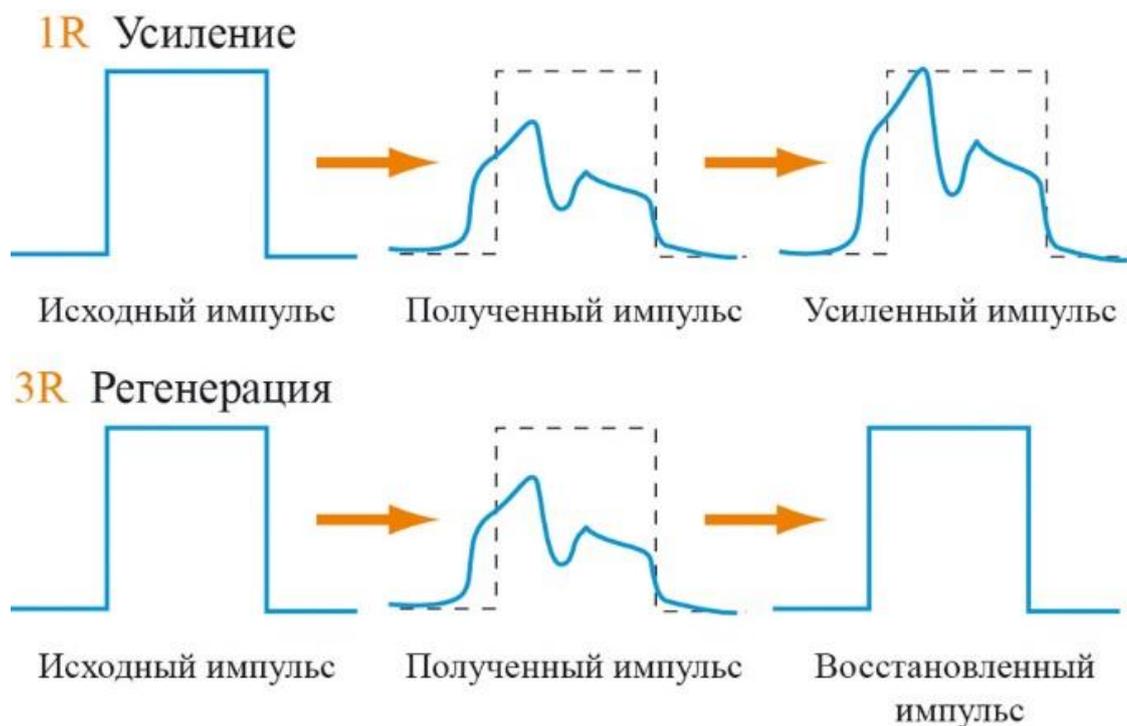


Рисунок 1.2 – Усилитель и регенератор

Во-вторых, для получения доступа к статусу регенератора, а также к битовому потоку, регенератор обеспечен доступ к ОА&М заголовку. Информация статуса в прямую сообщается в сетевую базу управления, которая отвечает именно за работу этой сети. Это нужно чтобы мониторить, а также для технического обслуживания станции. Однако усилитель не имеет в себе такой доступ. По причине того, что в нем нет электрических схем для отслеживания.

1.5 К какой электросети подсоединить удаленные регенераты.

Регенераторы, расположенные далеко обычно питаются с помощью двух методов:

1. Регенератор можно подключить через провода, протянутые от последнего мультиплексора или терминала подключённые к основной сети. Это в случаи если нет возможности установки автономной сети.
2. Устройство можно подключить к местной электросети от местной энергокомпании т.е. Регенерационные станции быть подключены к

постоянным источникам питания. Также можно подключить питание к возобновляемой энергии, солнечные батареи, ветрогенераторы с запасными батареями. Удалённые оптические усилители на практике, если есть возможность, так и получают питание.

Линейный оптический регенератор

Оптический регенератор(ОР) состоит из: Приемный оптоэлектронный модуль(ПРОМ), Электрический регенератор(ЭР), Передающий оптоэлектронный модуль(ПОМ).

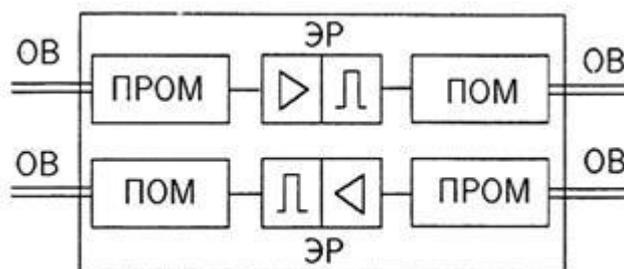


Рисунок 1.3 – Схема линейного регенератора.

Как видно из схемы (1.3) ОР имеет сразу два направления, то есть работает в дуплексном режиме.

Приемный оптоэлектронный модуль или просто оптический приемник, который принимает оптический сигнал и преобразовывает в электрический сигнал. Это преобразование способствует для работы электрических схем. ПРОМ состоит из фотодетектора, приемного оптического устройства, электрического усилителя с обработкой сигнала. Также туда входит схема стабилизации или автоматического регулирования усиления.

Фотодетектор — это чувствительный оптический детектор который фиксирует оптический сигнал. Фотодетектор должен отвечать нескольким требованиям: обладать высокой чувствительностью и быстрым реагированием, фильтровать шум, то есть вносить минимальный шум в приемную систему, иметь стабильную рабочую характеристику, а также иметь небольшие габариты и низкую стоимость. Среди полупроводниковых фотодетекторов наибольшее применение в ВОСП получили рпн-фотодиоды (ФД) и лавинные фотодиоды (ЛФД). В основе их работы лежит явление внутреннего фотоэффекта в полупроводниковом материале, которое заключается в образовании пары носителей зарядов (электрон и дырка) при поглощении фотона, энергия которого больше или равна ширине запрещенной зоны.[1]

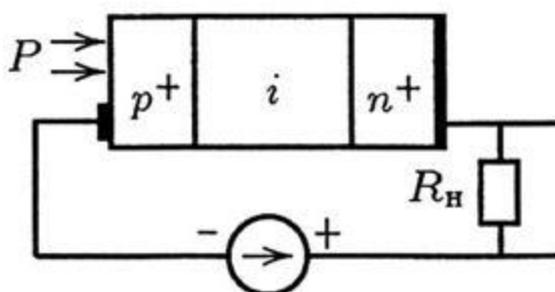


Рисунок 1.4 – Схема структуры pin-фотодиода

Массово производят ПРОМ для диапазонов

Промышленно разработаны и производятся ПРОМ для диапазонов 800...1600 нм, их используют для скоростей передачи информации до 2560 Мбит/с.

ЭР (электрический регенератор) состоит из усилителя, РУ (решающее устройство), генератор сигнала, тактовая синхронизация. В общих чертах это значит, что ЭР содержит в себе все электрические компоненты.

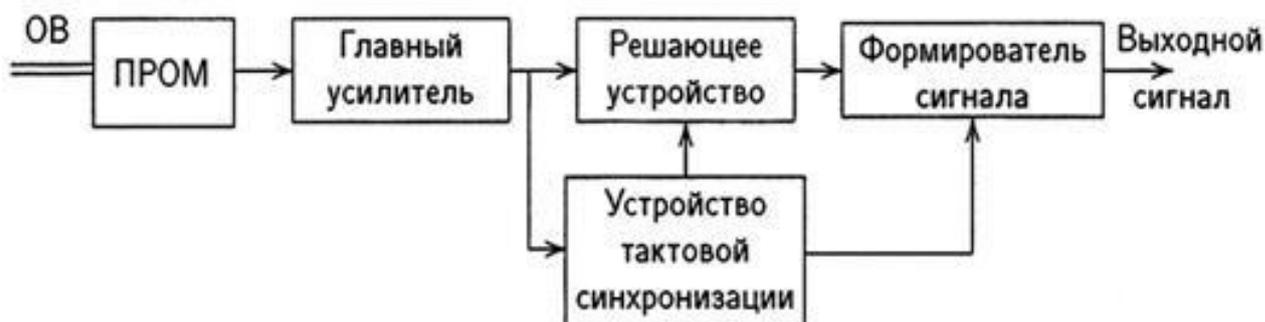


Рисунок 1.5 – Схема Электрического регенератора

Главный усилитель усиливает сигнал чтобы обработать его.

Решающее устройство оценивает значение 0 и 1 т.е. символов. Для этого в решающем устройстве периодически с тактовой частотой производится стробирование сигнала на выходе главного усилителя и сравнение полученного отсчета с порогом. При превышении определенного порога в формирователе сигнала вырабатывается и передается необходимый прямоугольный импульс.

Устройство тактовой синхронизации отмечает из принимаемого сигнала синхроимпульсы тактовой частоты и создает короткие импульсы, при подачи которых осуществляется стробирование сигнала в наиболее удобные моменты. То есть ближе к амплитудам.

1.6 Стандарт GPON

GPON — популярный сегодня стандарт для построения пассивной оптической сети.

В стандарте GPON кроме численности абонентов и скорости интернета, хороший показатель имеет максимальное расстояние передачи между оператором и абонентом. Т.е. между OLT и ONT. На данный момент максимальное, стабильное расстояние для подключение, имеет протяжённость в 20 км. Однако это расстояние уменьшается из-за потерь к примеру, сварки,

разветвителях или же из-за физических дефектах ВОЛС. В этом стандарте потери допускаются в среднем 25 дБ между OLT и ONT. В городской среде из-за разделителей появляются потери в 5 – 25 дБ, все зависит от количества разделений. Иногда приходится соединять разделители в каскадную схему, что в свою очередь суммируют потери.

Чтобы удлинить расстояние передачи нужно добавить в схему еще одно устройство. Это устройство должна компенсировать потери, восстановив их. Естественно это регенератор ISCOM GPR01 GPON.

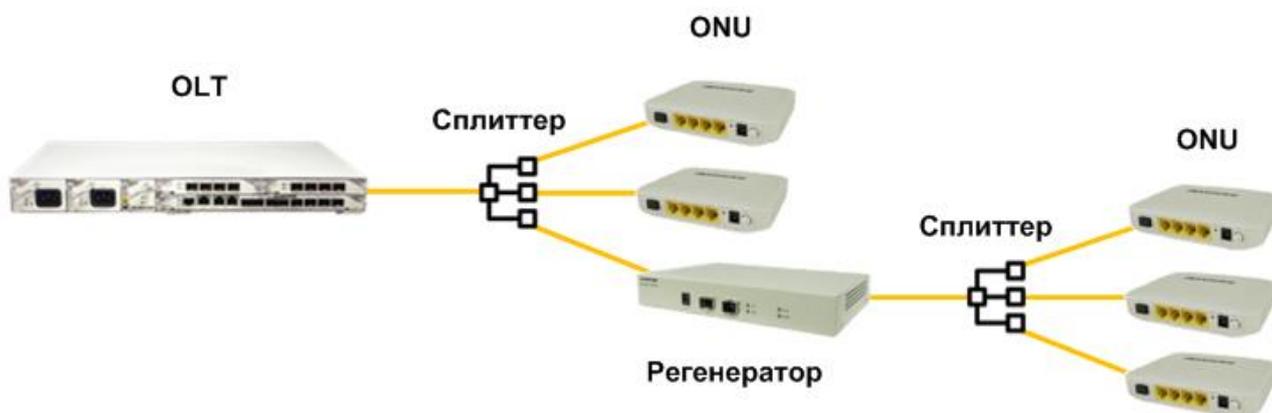


Рисунок 1.6 – Схема с регенератором GPON

ISCOM GPR01 работает с технологией оптоэлектрической восстановления сигнала для осуществления функций $3R$, это позволяет увеличить объем бюджета оптической сети. Само устройство обладает небольшими размерами, и конечно умеет работать с системой Raisecom. Это позволяет увеличить расстояние до 40 км. Однако нужно понимать, что это активный элемент т.е. такое устройство требует питание из сети.



Рисунок 1.7 – ISCOM GPR01

Корпус регенератора сделан из металла. Также в него входят разъемы для питания в 12В, содержит слот для SFP и SC/PC(оптический разъем).[5]

1.7 Полностью оптические регенераторы

Все что выше перечислено это были регенераторы оптоэлектрические. Самый большой недостаток таких регенераторов в том, что могут регенерировать только одномодовый сигнал, то есть если у нас будет многомодовый, такой регенератор нам не поможет. Ведь для того чтобы регенератор охватывал каждый спектральный канал, что усложняет конструкцию не говоря уже о энергопотреблении. В результате аппаратура промежуточных пунктов становится чрезвычайно сложной и громоздкой, а потребление электрической энергии резко возрастает.

Для решения проблем выше уже описанных, можно использовать полностью оптический регенератор, то есть это не преобразование оптического сигнала в электрический и последующее ее восстановление от шумом. Это полноценный оптический аппарат который работает с оптическим сигналом. Использование такого регенератора в промежуточных пунктах позволяет нам многократно снизить потребление электрической энергии, а также уменьшить массу и размеры аппаратуры. Также такие регенераторы надежны. Однако одной из ключевых проблем при создании таких оптических регенераторов, является выделение тактовой частоты цифровых сигналов. Об успешности таких устройств писал один из ведущих специалистов в области ВОСС, Складов Олег. На рис. 1.7.2 показана графическая модель размещенного в одном корпусе, как видите 22-канального полностью оптического блока выделения тактовых частот всех каналов.

При помощи этого устройства выделяются тактовые частоты 22-х оптических цифровых сигналов. На рис. (1.8) приведены осциллограммы сигналов тактовой частоты для 4-го и 7-го спектральных каналов.

Размеры модуля 19 x 39 мм. Пространственное разделение личных каналов для следующей обработки сигналов и следующее их объединение в один оптический поток делается, следовательно, оптическими демультиплексором и мультиплексором.»

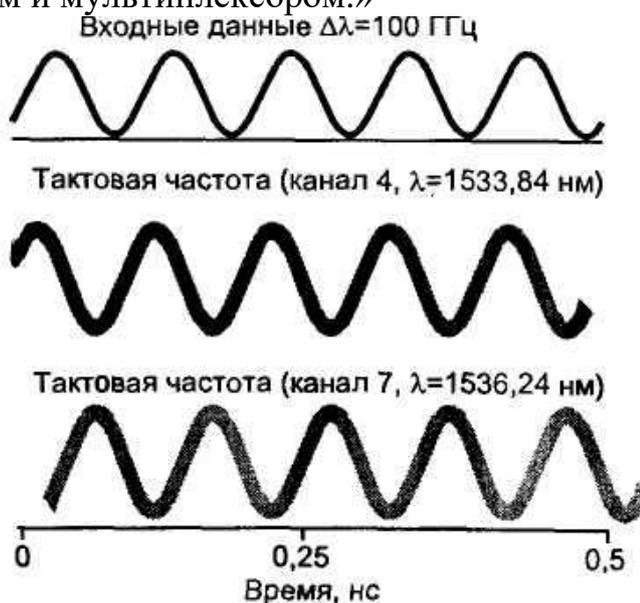


Рисунок 1.8 – Осциллограммы сигналов тактовой частоты 4 и 7 каналов

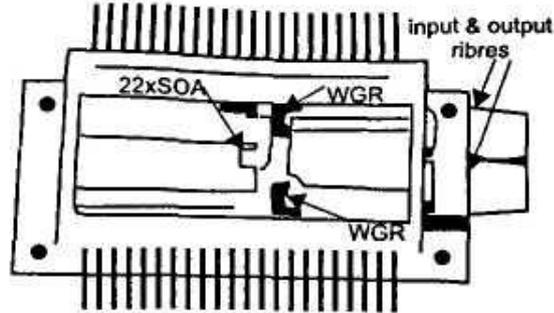


Рисунок 1.9 – Полностью оптический 22-канальный блок выделения тактовых частот SDH-сигнал

Полностью оптический регенератор 3R описан в работе автора, Скляров Олег. Нужно запомнить, что 3R обозначает следующее: 1R (amplification — reshaping) — восстановление амплитуды; 2R — восстановление амплитуды и формы (оптические усилители в основном считаются (R2)) (reshaping — reforming) и 3R — восстановление амплитуды, формы и временных соотношений цифрового сигнала (reshaping — reforming — retiming). На рис. (1.10) представлена схема последовательности операций при регенерации оптического цифрового сигнала, на рис. (1.11) — осциллограммы сигналов в процессе регенерации. О разработке готовых к практическому применению полностью оптических 3R-регенераторов оповещается в докладах на конференциях ECOC-01, ECOC-02, ECOC-03, OFC-01, OFC-02 и OFC-03.



Рисунок 1.10. – Схема последовательности операции при регенерации оптического цифрового сигнала

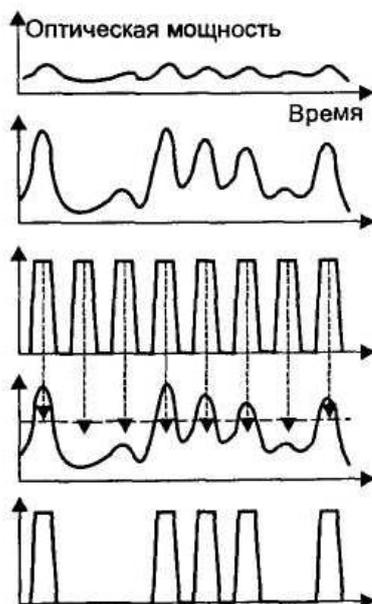


Рисунок 1.11 – Осциллограммы сигналов в процессе регенерации

Таким образом, внедрение в основном оптическом тракте всецело оптических ОУ, компенсаторов дисперсии и оптических регенераторов говорит о том, что для протяженных ВОСП-СР задача полной фотонизации на участке оптического тракта может считаться решенной.

Но в оконечных пунктах этих ВОСП-СР, также для гибкого и действенного управления и конфигурирования оптических сетей, в особенности оптических сетей доступа, трудность далека от решения. Как подчеркивалось ранее, для её разрешения нужны всецело оптические микропроцессоры, которые были основаны также на всецело оптических элементах, о которых говорилось выше.[3]

2 РЕГЕНЕРАЦИОННЫЙ УЧАСТОК

2.1 РУ по затуханию.

На основании экономических соображений, протяжённость регенерационного участка должна быть максимально длиной. Это также поможет улучшить качество передачи.

Для расчета регенерационного участка нужно определить параметры оптического кабеля по затуханию и дисперсией в ней. Эти данные можно узнать в паспорте оптического кабеля. Именно затухание ограничивает длину регенерационного участка. Дисперсия также ограничивает, однако в основном проблемы с дисперсией встречается на очень длинных магистралях. Дисперсия означает что происходит расширения моды. Это когда происходит рассеивания по времени спектральных характеристик сигнала, что приводит к логическим ошибкам, или потерей сигнала.

Когда сигнал начинает отдаляться от передатчика уровень мощности снижается, это продемонстрировано на графике. (рисунок - 2.1.1) Исходя из этого, можно записать формулу:

$$P_{\text{пр.мин}} = P_{\text{пер}} - \alpha_{\text{вх}} - 2\alpha_{\text{рс}} - \left(\frac{l_p}{l_{\text{с.д}}} - 1\right)\alpha_{\text{н.с}} - \alpha l_p - \alpha_{\text{вых}} \quad (1)$$

где $P_{\text{пр.мин}}$ - это минимальная мощность для приемника, дБм;

$P_{\text{пер}}$ - мощность, излучаемая генератором, дБм;

$\alpha_{\text{рс}}$ - потери при соединении приемника или передатчика дБ;

$\alpha_{\text{вх}}, \alpha_{\text{вых}}$ - потери после выхода сигнала или во входе, дБ;

$\alpha_{\text{н.с}}$ - это потери на неразъемных соединителях; дБ

α - это коэффициент затухание оптоволокна, дБ/км;

$l_{\text{с.д}}$ - стоятельная длина кабеля, км;

Значение $\Pi = P_{\text{пер}} - \alpha_{\text{вх}} - \alpha_{\text{вых}} - P_{\text{пр.мин}}$ называется энергетическим потенциалом устройства, его различают по способу излучения и типом фотоприемника.

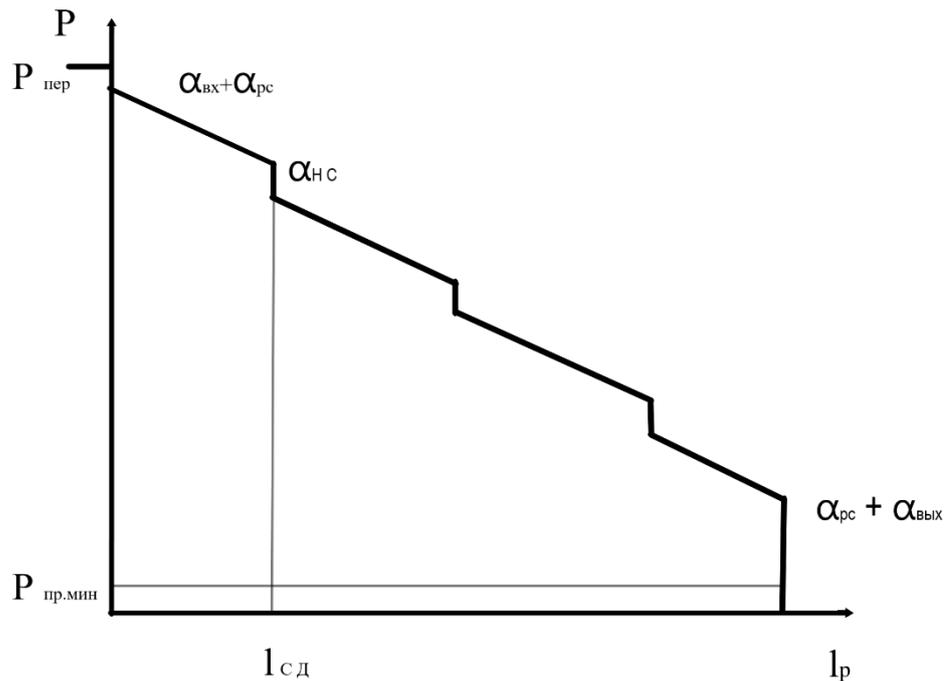


Рис. 2.1 – Изменение уровня сигнала по длине РУ

Из прошлого уравнения находим длину регенерационного участка по затуханию:

$$l_p \leq \frac{P + \alpha_{н.с} - 2\alpha_{р.с}}{\alpha_{н.с} + \alpha l_{с.д}}, \text{ км} \quad (2)$$

В настоящий момент применяют методы объединения оптических волокон, сварочным способом применяя автономные устройства, такие устройства выдают потери на одной сварке, около 0.02 дБ. Потери самых перспективных образцах коннекторов могут выдать 0.45 – 0.5 дБ. Такие значение можно получить на одном соединении.

Далее найдем энергетический потенциал.

Допустим, если в устройстве STM будет использоваться тип излучения инжекционный лазер, в котором мощность на выходе достигает $P_{пер} = 20$ мВт. Если использовать способ кодирования без возвращение в ноль, то вычитываем 4 дБм из излучения на мощности выхода. Однако при кодировании с возвращением в ноль, нужно вычесть уже 7 дБм. По причине снижения мощности излучение сигнала по сравнению с непрерывным режимом.

На входе и выходе оптоволокна возникают потери, у лазера на входе значение равно $\alpha_{вых} = 2-4$ дБ, а на выходе через передатчик равно $\alpha_{вх} = 1-2$ дБ.

Для выбора приемника нужно ориентироваться на требуемую скорость передаваемой информации, а также необходимо учитывать значение коэффициента ошибки

2.2 Длина РУ по расчету пропускной способности.

Дисперсия в кабеле образует ошибку в информации, происходит смешивания межсимвольных данных. Для уменьшения дисперсии нужно выполнить одно условие:

$$B \leq \frac{0.25}{\tau}, \quad (3)$$

где B - это скорость передаваемой информации, Мбит/с;

τ - увеличение света на оптоволокне; пс/км.

После находим длину РУ:

$$l_p \leq \frac{0.25 \cdot 10^6}{B\tau}, \text{ км} \quad (4)$$

где B - это скорость передаваемой информации, Мбит/с;

τ - - увеличение света на оптоволокне, пс/км.

3 РАСЧЕТ РЕГЕНЕРАЦИОННОГО УЧАСТКА НА УЧАСТКЕ АЛМАТЫ - БАЛХАШ

3.1 Расчёт длины участка регенерации

Перед тем как протягивать и устанавливать ВОЛС нужно рассчитать регенерационный участок(РУ). Для нахождения РУ я сделал расчеты на трассе Алматы – Балхаш.

Перед тем как начать расчет в первую очередь нужно изучить трассу прокладки. Между Алматы и Балхаш есть автомагистраль протяжённостью 618 км, через эту магистраль можно проезжать несколько населенных пунктов. Обычно для удобства проектирование ВОЛС лучше всего выбирать вдоль автомагистрали. Это во многом упрощает приезда технического персонала к местам прокладки кабеля и необслуживаемых регенерационных пунктов(НРП). Также благодаря населённым пунктам на магистрали дает возможность размещение облаживаемых регенерационных пунктах(ОРП) или использование уже имеющихся сооружений районных узлов телекоммуникации(РУТ), что в свою очередь уменьшает объем строительных работ и способствует уменьшению затрат на строительство магистрали в целом.

На рисунке видим карту местности, где видно, что есть вариант прокладки кабеля вдоль автодороги, соединяющей г. Алматы, с. Kurty, с. Аксуек, с. Шыгынак, с. Сарышаган и г. Балхаш. Трасса магистрали прокладывается на расстоянии 30 – 60м. (в зависимости от конкретных условий местности) от оси автомобильной дороги. г.Алматы – с. Kurty (102 км), с. Kurty – с. Аксуек (160) км, с. Аксуек – с. Шыгынак (74 км), с. Шыгынак – с. Сарышаган (137 км), с. Сарышаган – г. Балхаш (141 км).

Также есть вариант прямой прокладки через оз. Балхаш, но для этого нужно разведка местности и разведка озера Балхаш. Также из-за малых населённых пунктах, придется соорудить больше ОРП и НРП, не говоря уже о строительстве дороги или подготовка подводных кабелей. Есть еще много почему... Но самое главное стоимости такой постройки и речи не должно идти, финансово это не окупится из-за больших рисков провала проекта.

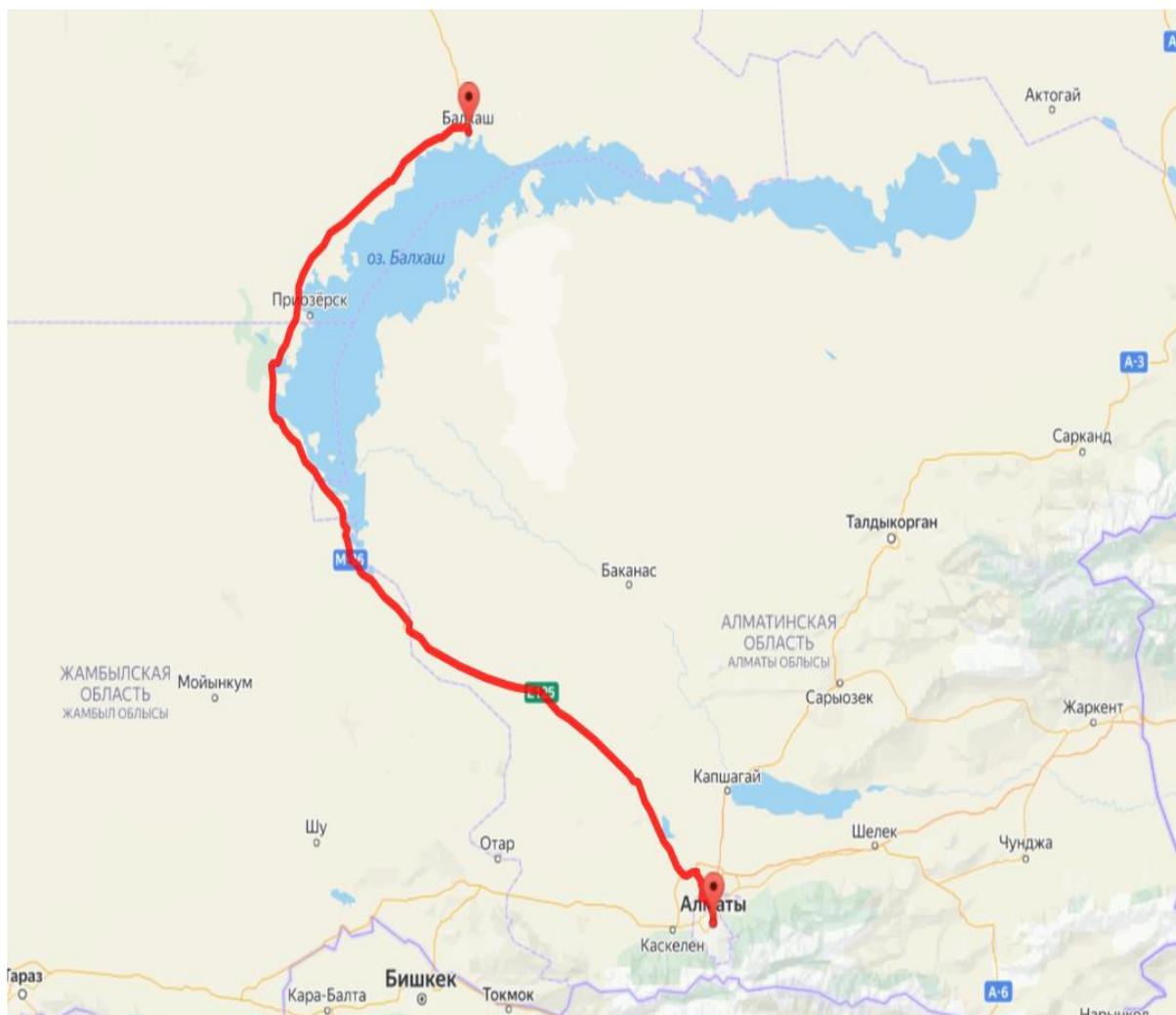


Рисунок 3.1 – Трасса Алматы – Балхаш

Для проектируемой магистрали предполагается установка синхронного оборудования производства фирмы "Siemens" SMA-16.

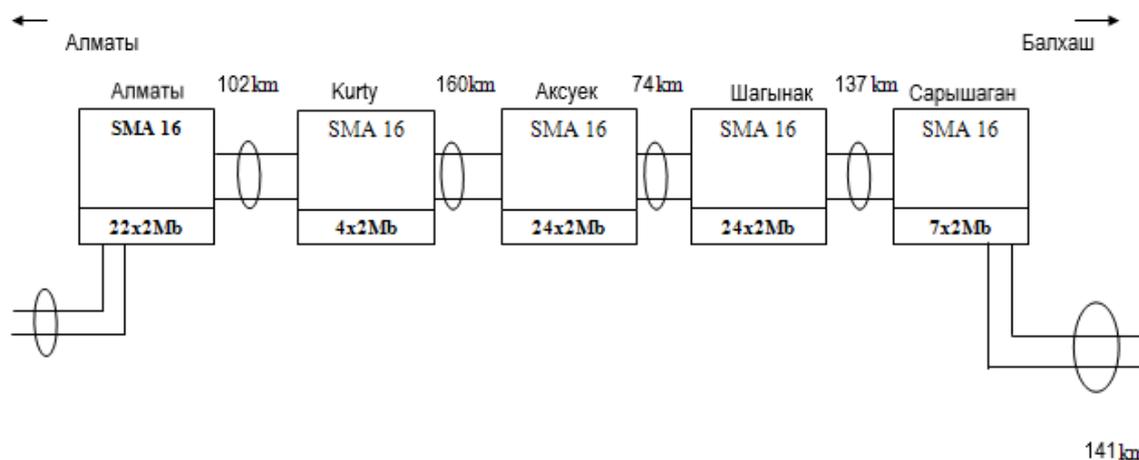


Рисунок 3.2 – Схема организации связи

Для расчета РУ нужно выбрать аппаратуру и их данные, который предоставляет производитель.

В магистральных сетях лучше всего использовать кабели с длиной волны 1,55 мкм, такие кабели позволяют реализовать регенерационные участки длиной до 170 км. Учитывая то что, между населёнными пунктами максимальное расстояние составляет 160 км, нужно выбрать кабель с параметрами, при которых можно было бы обойтись без дорогостоящих необслуживаемых регенерационных пунктов (НРП).

Выбираем кабель производства фирмы "Siemens" типа:

ADF (ZN) 2Y 2×6 E 9/125 0,36 F 3,5+0,22 H 180LG.

Расшифровка буквенных и цифровых обозначений:

A - линейный кабель;

D - модуль многоволоконный, заполненный;

F - гидрофобное заполнение;

ZN - неметаллический усилительный элемент;

2Y - полиэтиленовая оболочка;

2 - количество модулей;

6 - количество волокон в модуле;

E - одномодовое волокно;

9 - диаметр сердечника, мкм;

- 125 -диаметр оболочки, мкм;
- 0,36 - коэффициент затухания на длине волны 1,55 мкм, дБ/км;
- F - длина волны 1,3 мкм;
- 3,5 - удельный коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм*км,при длине волны 1,3 мкм;
- 0,22 – коэффициент затухания, дБ/ км, на длине волны 1,55 мкм;
- H - длина волны 1,55 мкм;
- 18 - удельная хроматическая дисперсия, на длине волны 1,55 мкм;
- LG - повивная скрутка;

Строительную длину кабеля выбираем равной 6км, для обеспечения минимального затухания на линии.

Вовремя проектировании нужно стремиться получить большую длину регенерационного участка (РУ), что приведет к уменьшению необслуживаемых регенерационных пунктов на ВОКМ и как следствие способно уменьшить большие затраты на строительство и эксплуатации магистрала.

По схеме организации связи, на рисунке (3.2) длину РУ будем рассчитывать на участках: Алматы – Kurty, Kurty – Аксуек, Аксуек – Шыгынак, Шыгынак – Сарышаган, Сарышаган – Балхаш.

Требуемая длина участка регенерации на участке Kurty – Аксуек составляет 160 км. Когда будем делать расчеты, будем пользоваться уже имеющими данными, которые приведены из технического описания SMA – 16. Эти данные приведены в таблице 1, из этих данных выбираем следующие параметры приёмного и передающего модуля

Таблица 1 Основные параметры оптических интерфейсов

Наименование показателя	Данные для планирования					
Длина волны в световоде, нм	1530..1560					
Скорость передачи, Кбит/с	2488320					
Сторона передачи	DFB	DFB	DFB со встроенным внешним модулятором вместе с:			
Тип лазера	0,6	0,6	Станд	Высоко	Станд.	Высоко-
Ширина спектра, нм	30	30	бустер	-мощ.	Бустер	мощ.
Подавление боковой моды, дБ	-1...2	2,5...5	0,1	Бустер	0,1	бустер
Уровень передачи, дБм			30	0,1	30	0,1
(S в соответ. с ITU-TG.957)			11...13	30	10...13	30
				13...16		13...16

Продолжение таблицы 1

Сторона приёма Диод приёма Уровень приёма при $BER \leq 10^{-10}$, дБм (R в соответ. с ITU-TG.957)	APD Стан д -28...- 6	APD Вы- соко- чувств ит. -30...-9	APD Стандарт. -28...-6		APD Стандарт. Вместе с оптическим усилителем -40...-15	
Секция регенератора Одномодовый световод Допусимая дисперсия, пс/км Потери из-за дисперсии, дБ Допуст. Затухание секции, дБ	1800 2 8...2 6	2400 2 14...31	4500 2 19...36	4500 2 22...39	4500 2 28...48	4500 2 31...51

Длина волны в световоде, нм – 1510...1560

Скорость передачи, Кбит/с – 2488320

Сторона передачи:

Модель лазера – DFB

Диапазон спектра, нм – 0,6

Боковая мода подавляется в значении, дБ – 30

Мощность передачи, дБ – (-1)...2

Сторона приёма:

Диод на приемнике – APD стандарт

Уровень приёма, дБ (при $BER \leq 10^{-10}$) – (-28)...(-6)

Секция регенератора:

Тип – одномодовый

Допустимая дисперсия, пс/км – 1800

Потери из за дисперсии, дБ – 1

Допустимое затухание секции, дБ – 8...26

Длину регенерационного участка находят двумя главными характеристиками в передатчике. 1) затуханием сигнала. 2) Дисперсия света. Для начало найдем РУ через затухание сигнала, для этого нужно определить потери мощности Р (дБ), через формуле:

$$P_K = \alpha_{\text{П}} * L_K + \alpha_{\text{Н.С}} * N_{\text{Н.С}} + \alpha_{\text{Р.С}} * N_{\text{Р.С}} \quad (1)$$

где L_K - длина линии связи, км;

α_n - километрическое затухание кабеля, дБ/км;

$N_{H,C}$ - количество неразъёмных соединителей;

$\alpha_{H,C}$ - потери в неразъёмных соединителях, дБ;

$\alpha_{P,C}$ - потери в разъёмных соединителях, дБ;

$N_{P,C}$ - количество разъёмных соединителей.

Высчитаем общее количество длины строительного кабеля в участке регенерации $q_{СТР}$ через формулу:

$$q_{СТР} = \text{Ц} \left(\frac{L_{ТР}}{l_{СТР}} \right) \quad (2)$$

где $L_{ТР}$ - требуемая длина РУ, км;

$l_{СТР}$ - строительная длина кабеля, км;

Ц – символ означающий округление в сторону большего числа.

$$q_{СТР} = \text{Ц} \left(\frac{160}{6} \right) = 27 \quad (3)$$

Количество неразъёмных соединителей определим по формуле:

$$N_{H,C} = q_{СТР} - 1 \quad (4)$$

$$N_{H,C} = 27 - 1 = 26 \quad (5)$$

Получается полные потери на регенерационном участке:

$$P_K = 0.22 * 160 + 0.1 * 26 + 0.5 * 2 = 38.8 \text{ дБ} \quad (6)$$

Нормальная работа :

$$P_{\text{Э}} > P_K \quad (7)$$

где $P_{\text{Э}}$ - энергетический потенциал системы.

Рассчитаем значение энергетического потенциала системы из выражения:

$$P_{\text{Э}} = P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}} \quad (8)$$

где $P_{\text{пер}}$ –уровень передачи, дБ;

$P_{\text{пр}}$ – уровень приёма, дБ.

$$P_{\Sigma} = -1 + 28 = 27 \text{ дБ} \quad (9)$$

Из выше приведённых расчётов можно увидеть, что условие $P_{\Sigma} > P$ не производится, как следствие этого, избранные характеристики ПРОМ и ПОМ не применимы. Потому нужно поменять параметры ПОМ и ПРОМ, при которых производилось бы условие (7).

Обращаемся к таблице 1. Попробуем другие характеристики:

Сторона передачи:

Тип лазера – DFB

Диапазон спектра, нм – 0,6

Боковая мода подавляется в значении, дБ – 30

Мощность передачи, дБ – 2,5...5

Сторона приёма:

Диод на приемнике – APD высокочувствительный

Уровень приёма, дБ (при $BER \leq 10^{-10}$) – (-30,5)...(-9)

Секция регенератора:

Тип – одномодовый

Потери из за дисперсии, дБ – 2

Допустимое затухание секции, дБ – 14...31

Значение энергетического потенциала рассчитывается по формуле (8):

$$P_{\Sigma} = 2.5 - (-30.5) = 33 \text{ дБ} \quad (10)$$

Условие $P_{\Sigma} > P_k$ не выполняется, это означает что снова нужно менять ПОМ и ПРОМ. Нужно взять лазер по мощнее.

Вновь обращаясь к таблице 1 снова выбираем другие характеристики:

Сторона передачи:

Модель лазера – DFB + станд. Бустер

Диапазон спектра, нм – 0,1

Боковая мода подавляется в значении, дБ – 30

Мощность передачи, дБ – 11...13

Сторона приёма:

Диод на приемнике – APD стандарт

Уровень приёма, дБ (при $BER \leq 10^{-10}$) – (-28) ...(-6)

Секция регенератора:

Тип – одномодовый

Потери из-за дисперсии, дБ – 2

Допустимое затухание секции, дБ – 19...36

Теперь необходимо рассчитать энергетический потенциал по формуле(8):

$$P_{\Sigma} = 11 - (-28) = 39 \text{ дБ} \quad (11)$$

Вот сейчас условие (7) выполнены, как следствие этого, исходя из значения, можно считать, что затухания на длине $RУ = 160$ км приемлема. Но при проектировании ВОЛС постоянно нужно не забывать про запас, который учитывает процесс деградации всех компонент при разных действиях во время использования. Этот запас обычно составляет от 2-4 дБ. Нужно так же учесть допуски на температурную зависимость. Из таблицы 1 можно увидеть, что есть потери из-за дисперсии, которые так же нужно учитывать.

В соответствии с вышесказанным формула (1) принимает вид:

$$P_K = a_{\Pi} * L_K + a_{H.C} * N_{H.C} + a_{P.C} * N_{P.C} + a_t + a_B + a_q \quad (12)$$

Где a_t – доступность на температурную зависимость параметров ВОСП, дБ;

a_B – доступность на ухудшение параметров во времени.

$$P_K = 0.22 * 160 + 0.1 * 26 + 0.5 * 2 + 0.3 + 3 + 3 + 2 = 44.1 \text{ дБ} \quad (13)$$

Теперь если снова проверить выполняются ли условие (7) то мы видим что условия не выполнены. Это значит нужны другие параметры, параметры которые дадут больше устойчивости к помехам. Смотрим на таблицу 1, и делаем другой выбор:

Сторона передачи:

Модель лазера – DFB

Диапазон, нм – 0,1

Боковая мода подавляется в значении, дБ – 30

Мощность передачи, дБ – 10...13

Сторона приёма:

Диод на приемнике – APD стандартный

Уровень приёма, дБ (при BER $\leq 10^{-10}$) – (-40)...(-15)

Секция регенератора:

Тип – одномодовый

Потери из за дисперсии, дБ – 2

Допустимое затухание секции, дБ – 28...48

Пользуясь выражением (8) определяем:

$$P_3 = 10 + 40 = 50 \text{ дБ}$$

Из расчётов можно увидеть, что условие (7) производится, определим запас по мощности P_3 , дБ, по формуле:

$$P_3 = P_3 - P_K \quad (14)$$

$$P_3 = 50 - 44.1 = 5.9 \text{ дБ} \quad (15)$$

Запасы по мощности составляет 5,9 дБ, вот теперь можно считать и делать вывод о том, что затухание РУ на участке Kurty – Аксуек 160 км. приемлема.

Рассчитаем длину РУ на участке Аксуек - Шыгынак. Потому что требуемая длина РУ на данном участке 74 км, существует возможность ослабить требования к характеристикам ПОМ и ПРОМ, что будет содействовать удешевлению оборудования. В соответствии с этим выбираем последующие характеристики ПОМ и ПРОМ.

Сторона передачи:

Модель лазера – DFB

Диапазон спектра, нм – 0,6

Боковая мода подавляется в значении, дБ – 30

Мощность передачи, дБ – (-1)...(2)

Сторона приёма:

Диод на приемнике – APD стандарт

Уровень приёма, дБ (при BER ≤ 10⁻¹⁰) – (-28)...(-6)

Секция регенератора:

Тип – одномодовый

Допустимая дисперсия, пс/км – 1800

Потери из за дисперсии, дБ – 1

Допустимое затухание секции, дБ – 8...26

Рассчитаем энергетический потенциал системы по формуле (12):

$$P_3 = -1 + 28 = 27 \text{ дБ}$$

Найдем количество строительных длин на РУ из выражения (2):

$$q_{\text{СТР}} = \text{Ц}\left(\frac{74}{6}\right) = 13$$

Количество неразъёмных соединителей определим из формулы (4):

$$N_{\text{н.с}} = 13 - 1 = 12$$

Полные потери на РУ согласно формуле (6):

$$P_K = 0.22 * 74 + 0.1 * 12 + 0.5 * 2 + 0.3 + 3 + 3 + 2 = 23.8 \text{ дБ}$$

Условие (7) выполняется, энергетический запас, согласно формуле (14):

$$P_3 = 27 - 22.9 = 4.1 \text{ дБ}$$

Высчитываем длину РУ отталкиваясь от дисперсионных черт волокна. Импульсы света, последовательность которых описывает информационный поток, в процессе распространения расплываются. При довольно большом уширении импульсы начинают перекрываться, так что становится неосуществимым их выделение при приёме.

Дисперсия – уширение импульсов – имеет размерность времени и определяется как квадратичная разность длительностей импульсов на входе и выходе кабеля длины L по формуле:

$$\tau_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{t_{\text{ВЫХ}}^2 - t_{\text{ВХ}}^2} \quad (16)$$

Дисперсия нормируется в расчёте на один километр и измеряется в пс/км. Результирующая дисперсия τ , пс, определяется из формулы:

$$\tau^2 = \tau_{\text{МОД}}^2 + \tau_{\text{ХР}}^2 \quad (17)$$

где $\tau_{\text{МОД}}$ – межмодовая дисперсия;

$\tau_{\text{ХР}}$ – хроматическая дисперсия;

Хроматическая дисперсия состоит из материальной и волноводной, тогда формула (13) приобретает вид:

$$\tau^2 = \tau_{\text{МОД}}^2 + \tau_{\text{МАТ}}^2 + \tau_{\text{ВВ}}^2 \quad (18)$$

Межмодовая дисперсия появляется вследствие разной скорости распространения у мод, и имеет место исключительно в многомодовом волокне.

Материальная дисперсия определена связью признака преломления волокна от длины волны и определяется из выражения:

$$\tau_{\text{МАТ}}(\Delta\lambda, L) = \Delta\lambda * L * \frac{\lambda * d^2 * n_1}{c * d\lambda^2} = \Delta\lambda * L * M(\lambda) \quad (19)$$

где $M(\lambda)$ – удельная материальная дисперсия;

Волноводная дисперсия обусловлена зависимостью коэффициента распространения моды от длины волны и определяется из выражения:

$$\tau_{\text{В}}(\Delta\lambda, L) = \Delta\lambda * L * \frac{2 * n_1^2 * \Delta}{c * \lambda} = \Delta\lambda * L * N(\lambda) \quad (20)$$

где $N(\lambda)$ – удельная волноводная дисперсия;

Результирующее значение коэффициента удельной хроматической дисперсии $D(\lambda)$, $\frac{\text{пс}}{\text{нм} \cdot \text{км}}$ определяется как:

$$D(\lambda) = M(\lambda) + N(\lambda) \quad (21)$$

Хроматическая дисперсия связана с удельной хроматической дисперсией следующим соотношением:

$$\tau_{xp}(\lambda) = D(\lambda) * \Delta\lambda \quad (22)$$

Полоса частот B_x , и дальность передачи L_x - связаны следующим соотношением:

$$B = \frac{B_x}{L_x} \quad (23)$$

В длинных линиях (свыше 10 км), в которых процесс распространения волны уже высчитан, действует квадратичный закон изменения ширины спектра сигналов:

$$B_x = \frac{B}{\sqrt{L_x * L_c}} \quad (24)$$

где значения с индексом x - искомые, а без x - задаваемые;

L_c – длина линии установившегося режима, км;

B – широкополосность ОВ, Гц*км.

Из паспортных данных выбранного нами кабеля известно, что коэффициент удельной хроматической дисперсии равен 18 пс/нм·км. Тогда в соответствии с формулой (22) определяем хроматическую дисперсию:

$$\tau_{xp} = 18 * 0.1 = 1.8 \text{ пс/км} \quad (25)$$

Определим широкополосность кабеля, B , Гц*км, из выражения:

$$B = \frac{0,44}{\tau_{xp}} \quad (26)$$

$$B = \frac{0.44}{1.8 * 10^{-12}} = 2.4 * 10^{11} \text{ Гц} \cdot \text{км} \quad (27)$$

Пользуясь соотношением (24) проверим, ограничивает ли дисперсия световода требуемую длину РУ на участке Kurty - Аксуек, которая составляет 160 км:

$$B_x = \frac{2.4 * 10^{11}}{\sqrt{160 * 10}} = 6 \text{ ГГц} \quad (28)$$

Полосу пропускания кабеля требующая на 160 км составляет 2,5 ГГц.

Значение, которое мы получили гораздо превышает нужную нам полосу пропускания, а это значит, что дисперсионные характеристики волокна позволяют организовать РУ протяжённостью 160 км.

Необходимо также рассчитать, получится организовать РУ, с этими параметрами дисперсии в световоде, с протяженностью 74 км на участке Аксуек - Шыгынак.

Через формулу (22) на этом участке хроматическая дисперсия составляет:

$$\tau_{xp} = 18 * 0.6 = 10.8 \text{ пс/км} \quad (29)$$

Через формулу (26) определяем широкополосность:

$$B = \frac{0.44}{10.8 * 10^{-12}} = 40.1 * 10^9 \text{ Гц}\cdot\text{км} \quad (30)$$

Благодаря формуле (24) мы также находим полосу пропускания на длине 74 км:

$$B_x = \frac{40.1 * 10^9}{\sqrt{74 * 10}} = 1.47 * 10^9 \approx 1.5 \text{ ГГц} \quad (31)$$

Для полноценной работы требуется полоса пропускание 2,5 ГГц, приобретенное значение меньше требуемого, как следствие этого, протяжённость РУ 74 км не приемлема.

Из формулы (22) можно увидеть, что дисперсия возрастает с повышением ширины спектра излучения источника. Это означает что, нужно выбрать ПОМ в у которого источник излучения спектра узенькая чем выше выбранная.

В данном случае характеристики ПОМ и ПРОМ совпадают с параметрами ПОМ и ПРОМ на участке Kurty - Аксуек, где мы получили значение полосы пропускания 6 ГГц на РУ протяжённость 160 км. Потому для участка Сарышаган - Балхаш последующих расчётов делать нет необходимости.

Протяжённость РУ ограничен затуханием и хроматической дисперсией, однако, если передавать цифровой сигнал широкой полосы, то появится еще один вид дисперсии, которого называют поляризационной модовой дисперсии.

Этот вид дисперсии появляется когда две моды с разными скоростями двигаются друг от друга относительно перпендикулярно. Коэффициент удельной дисперсии, Т рассчитывается для одного километра и измеряется в (пс / $\sqrt{\text{км}}$), а поляризационная модовая дисперсия растет с ростом расстояния по закону:

$$\tau_{\text{пмд}} = T * \sqrt{L} \quad (32)$$

Для учета вклада в результирующую дисперсию следует добавить слагаемое $\tau_{\text{пмд}}^2$ в правую часть выражения (12).

Поляризационная модовая дисперсия может проявляться только в одномодовом волокне, при этом, когда происходит передача широкополосного сигнала (свыше 2,5Гбит/с) с очень узкой спектральной полосой излучения 0,1 нм и меньше.

В одномодовом волокне в реальности может распространяться ни одна мода, а две основополагающие моды – две перпендикулярные поляризации начального сигнала. В безупречном волокне, в каком отсутствуют не однородности по геометрии, две моды распространялись бы с одной и той же скоростью. Но на практике волокна имеют неидеальную геометрию, что приводит разной скорости распространения 2-ух поляризационных составляющих мод.

Основное причина появления поляризационной дисперсии является нециркулярность (овальность) профиля сердцевинны одномодового волокна, которая возникает в процессе производства либо эксплуатация волокна.

Ведущие компании – производители обеспечивают выходной параметр поляризационной модовой дисперсии не выше 0,5пс. Но, следует учесть, что после установки кабельной системы значения этого параметра увеличивается.

Рассчитаем длину участка регенерации с учетом ПМД, тогда результирующая дисперсия:

$$\tau = \sqrt{\tau_{\text{хр}}^2 + \tau_{\text{пмд}}^2} \quad (33)$$

Хроматическая дисперсия в длине линии 160 км определяется по формуле:

$$\tau_{\text{хр}} = \frac{0,44}{B_x} \quad (34)$$

$$\tau_{\text{хр}} = \frac{0.44}{B_x}$$

$$B_x = \frac{0.44}{6 * 10^9} = 73 \text{ пс} \quad (35)$$

Поляризационная модовая дисперсия согласно по формуле (32):

$$\tau_{\text{пмд}} = 1 * 10^{-12} * \sqrt{160} = 12,7 \text{ пс} \quad (36)$$

Результирующая дисперсия:

$$\tau = \sqrt{(7,3 * 10^{-11})^2 + (12,7 * 10^{-12})^2} = 7,4 * 10^{-11} = 74 \text{ пс} \quad (37)$$

Из расчетов видно, что из-за малой величины, ПМД практически не ограничивает требуемую длину РУ.

$$B = \frac{0.44}{7.4 * 10^{-11}} = 5.94 * 10^9 \approx 6 \text{ ГГц} \quad (37)$$

Проблемы с поляризационной модовой дисперсией остро встает при обсуждении супермагистралей со скоростью передачи свыше 10 Гбит/с

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе мною были сделаны анализ оптического регенератора, во время анализа я нашел все этапы установки и все этапы работы регенератора. Были сделаны сравнение усилителя и регенератора. Описаны преимущества регенераторов. Рассмотрено регенератор с полностью оптическими составляющими. Будущие разработки.

Далее для полноценного обзора установки и работы регенератора, мною был сделан расчет регенерационного участка на трассе Алматы – Балхаш с аппаратом SMA – 16, от фирмы "Siemens". Также кабель от этой фирмы. При построение ВОЛС нужно всегда в первую очередь сделать расчеты регенерационного участка. Это очень важная часть, потому что нужно выбрать трассу для прокладки линии так чтобы было экономично, безопасно и обязательно доступным для приезда технического персонала. Все это нужно рассчитывать. В этой дипломной работе я сделал расчет регенерационного участка, выбрал трассу Алматы – Балхаш протяжённостью 618 км. Рассчитано было на участках Алматы – Kurty, Kurty – Аксуек, Аксуек – Шыгынак, Шыгынак – Сарышаган, Сарышаган – Балхаш..

В первую очередь найдено затухание в волокне с характеристиками от изготовителя. После найдено нужная нам система с подходящими ПРОМ и ПОМ.

Также обязательно нужно рассчитать энергетический запас. РУ нужно найти два значение: 1) Затухание в волокне. 2) Дисперсия света.

Итоги расчетов: Во-первых, для этой трассы было решено по расчетам установить 4 промежуточных участков с НРП или ОРП. Максимальная длина РУ составляет 160 км, минимальная 74 км. Дисперсия света в значениях нормы.

В начале мною было найдено полное затухание в кабеле. При попытке нахождения мною был проанализирован все нюансы с которыми мог бы встретится начинающий инженер. Мною были подобраны различные параметры ПРОМ и ПОМ для нахождения допустимого уровня потерь. После найдено запасная мощность.

Также для устранения дисперсии, был сделан расчет для минимальной частоты для появления дисперсии сигнала.

Анализируя все что выше было написано мною, нужно подчеркнуть, что регенераторы — это неотъемлемая часть ВОЛС. Без регенераторов построить большую, скоростную интернет сеть невозможно. В мире, где сейчас, постоянно развивается технологии для увеличения скорости передачи данных, показатель потребителей значительно увеличилось, чем 20 лет назад, и оно все еще повышается. В Казахстане также увеличился показатель потребителей, по состоянию на конец 2020 года из почти 6 500 населенных пунктов 5 322 охвачены интернетом. Но не во всех есть качественный интернет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.И. Волоконно-оптические системы передачи, 2011;
2. Данько Е.Т, Елизарова Е.Ю., Учебное пособие «Активные и пассивные компоненты волоконно-оптических систем передач», АУЭС, 2016;
3. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи.-СПб.: «Лань», 2010;
- 4.URL:https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dwdm/dwdm_Intro/16_5311757.pdf (дата обращения 19.05.2020).
- 5.URL:https://www.tutorialspoint.com/optical_networks/optical_networks_wdm_technology.htm (дата обращения 20.05.2020)
6. URL:<https://www.globalspec.com/reference/21551/160210/chapter-4-2-dwdm-network-topologies-review>(дата обращения 05.04.2020)
7. URL: <https://www.fiberlabs.com/glossary/about-wdm/>(дата обращения 01.05.2020)
- 8.<https://studentopedia.ru/tehnika/raschyot-dlini-uchastka-regeneracii---proektirovanie-i-raschet-voikonno-opticheskoy-linii-svyazi-na.html>
- 9.https://knowledge.allbest.ru/radio/2c0b65625a3ad79a4d53a88421216d37_0.html

Отзыв руководителя

Дипломной работы

Бисенов Рустамжан

5B071900- Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тема Анализ работы оптического регенератора

Анализ работы оптического регенератора.

В дипломной работе были рассчитаны следующие параметры

1. Максимальная-минимальная длина регенерационного участка на магистрали Алматы – Балхаш.
2. Количество регенераторов.
3. Дисперсия в регенерационном участке.
4. Затухание по кабелю.

В первой главе указана цель и анализ дипломной работы с теоретическими сведениями, а также само устройство.

Во второй главе указаны способы расчетов регенерационного участка

В третьей главе указаны расчеты.

Общие требования к составлению, изложению, оформлению и содержанию текстовых и графических материалов работы выполнены в соответствии с ГОСТ

Дипломная работа выполнена на оценку 90 /А-/«отлично», а дипломант, Бисенов Рустамжан Арманулы достоин степени бакалавра специальности 5B071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации.

Научный руководитель

Байкенова Г.М. м.т.н. тьютор



«20» 01 2022 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Бисенов Рустамжан Арманулы

5B071900- Радиотехника, электроника и телекоммуникация

Тема «Анализ работы оптических регенераторов»

Анализ работы оптического регенератора.

В дипломной работе были рассчитаны следующие параметры

1. Максимальная-миниальная длина регенерационного участка на магистрали Алматы – Балхаш.
2. Количество регенераторов.
3. Дисперсия в регенерационном участке.
4. Затухание по кабелю.

В первой главе указана цель и анализ дипломной работы с теоретическими сведениями, а также само устройство.

Во второй главе указаны способы расчетов регенерационного участка

В третьей главе указаны расчеты.

Общие требования к составлению, изложению, оформлению и содержанию текстовых и графических материалов работы выполнены в соответствии с ГОСТ

Дипломная работа выполнена на оценку /А/«отлично», а дипломант, Бисенов Рустамжан Арманулы достоин степени бакалавра специальности 5B071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации.



Рецензент
Ассоц. профессор АУЭС, к.т.н.
Чезимбаева К.С.
2022 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бисенов Рустамжан Арманулы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ работы оптических регенераторов

Научный руководитель: Гулжан Байкенова

Коэффициент Подобия 1: 1.4

Коэффициент Подобия 2: 0.2

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 7

Интервалы: 0

Белые Знаки: 1

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.

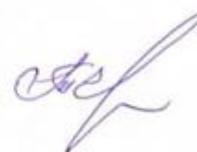
Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

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:

25.05.2011
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 Плагнаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Бисенов Рустамжан Арманұлы

Тақырыбы: Анализ работы оптических регенераторов

Жетекшісі: Гулжан Байкенова

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.4

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.2

Дәйексөз (35): 0.8

Өріптерді ауыстыру: 7

Аральктар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ак белгілер: 1

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.

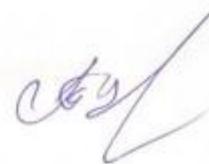
Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта оңдеуге жіберілсін.

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

Негіздеме:

25.05.2021
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бисенов Рустамжан Арманулы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ работы оптических регенераторов

Научный руководитель: Гулжан Байкенова

Коэффициент Подобия 1: 1.4

Коэффициент Подобия 2: 0.2

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 7

Интервалы: 0

Белые Знаки: 1

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:

25.05.2021
Дата

 Марсеуи С
проверяющий эксперт