

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ КРАСНОДАРСКОГО
КРАЯ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
«НОВОРОССИЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»
(ГБПОУ КК НКРП)**

Методические указания

по выполнению курсового проекта

**по МДК 01.02. Технология монтажа и обслуживания оборудования
направляющих систем радио и оптической связи**

«Проектирование цифровой радиорелейной линии»

для специальности

11.02.10 Радиосвязь, радиовещание и телевидение

*Базовая подготовка
среднего профессионального образования*

Новороссийск

2020г

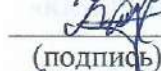
СОГЛАСОВАНО

Филиал ОАО «Связьтранснефть»

(наименование предприятия)

Инженер 2-категории отдела эксплуатации
сетей связи

(должность)



Какичев Е.М.

(подпись)

ФИО (работодателя)

28 08

2020 г.

СОГЛАСОВАНО

На заседании Совета по методическим
вопросам от 29 08 2020 г.

протокол № 1

Председатель Совета по методическим
вопросам



Е.В. Заслонова

Одобрена на заседании

УМО общепрофессиональных

и специальных дисциплин специальностей

11.02.02, 11.02.06, 11.02.10

(коды специальностей)

Протокол от 29.08 2020г. № 1

Председатель УМО

В.В. Горшков

Организация – разработчик: государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Краснодарского края «Новороссийский колледж радиоэлектронного приборостроения» (ГБПОУ КК НКРП)

Разработчик:

преподаватель ГБПОУ КК НКРП

(должность, место работы)



(подпись)

Скорик О.В.

(ФИО)

Рецензенты:

Борисов А.В.



Преподаватель высшей квалификационной категории
ГБПОУ КК НКРП

Филиал ОАО «Связьтранснефть»,

СК ПТУС,

инженер 2-категории отдела эксплуатации сетей связи

Какичев Е.М.

Курсовой проект охватывает материал, содержащий вопросы классификации радиорелейных линий и аппаратуры РРЛ прямой видимости.

В процессе выполнения проекта должны быть проделаны расчеты, необходимые для решения поставленных задач, даны обоснования принятых решений и сделаны выводы из полученных результатов. Выполненные расчеты, полученные результаты и графические материалы, должны быть приведены в виде пояснительной записки.

РЕЦЕНЗИЯ

на методические указания по выполнению курсового проекта «Проектирование цифровой радиорелейной линии» по МДК 01.02. Технология монтажа и обслуживания оборудования направляющих систем радио и оптической связи

Направление подготовки (специальность) - 11.02.10 Радиосвязь, радиовещание и телевидение

Методические указания разработаны преподавателем ГБПОУ КК НКРП - Скорик О.В.

В процессе выполнения проекта студент выполняет расчеты, необходимые для решения поставленных задач, дает обоснования принятым решениям и делает выводы из полученных результатов, выполняет графически виды профиля трассы и строит диаграммы высот антенн на пролетах. Выполненные расчеты, полученные результаты и графические материалы, должны быть приведены в виде пояснительной записки.

Курсовой проект, в процессе обучения студента, является одним из этапов овладения научно-исследовательской деятельности, выполняемой при активной помощи и консультации преподавателя - руководителя курсовым проектом.

В последние годы значительно возрос интерес к цифровым радиорелейным системам с временным уплотнением каналов, эти системы внедряются в первую очередь на местных и внутризоновых РРЛ. Развитие радиорелейной техники характеризуется широким применением микроэлектроники во всех звеньях аппаратуры и рядом новых схемных решений. Это привело к значительному снижению потребляемой мощности, повышению надежности работы аппаратуры, улучшению качественных показателей и стабильности характеристик.

Выполнение и защита курсового проекта является завершением изучения курса по МДК 01.02. Технология монтажа и обслуживания оборудования направляющих систем радио и оптической связи. Радиорелейная связь - один из видов наземной радиосвязи, основанный на многократной ретрансляции радиосигналов.

Курсовой проект охватывает материал: содержащий вопросы проектирования цифровых микроволновых линий связи, работающих в диапазонах частот выше 10 ГГц и предназначенных для передачи цифровых потоков со скоростями до 34 Мбит/с. Исходя из вышесказанного, предлагаемый методический материал является полезным и необходимым при выполнении курсового проекта.

Рецензент:


подпись





28.05.2020 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на методические указания по выполнению курсового проекта «Проектирование цифровой радиорелейной линии» по МДК 01.02. Технология монтажа и обслуживания оборудования направляющих систем радио и оптической связи

Направление подготовки (специальность) - 11.02.10 Радиосвязь, радиовещание и телевидение

Методические указания разработаны преподавателем ГБПОУ КК НКРП - Скорик О.В.

В последние годы значительно возрос интерес к цифровым радиорелейным системам с временным уплотнением каналов, эти системы внедряются в первую очередь на местных и внутризоновых РРЛ. Развитие радиорелейной техники характеризуется широким применением микроэлектроники во всех звеньях аппаратуры и рядом новых схемных решений. Это привело к значительному снижению потребляемой мощности, повышению надежности работы аппаратуры, улучшению качественных показателей и стабильности характеристик. В процессе выполнения проекта студент выполняет расчеты, необходимые для решения поставленных задач, дает обоснования принятым решениям и делает выводы из полученных результатов, выполняет графически виды профиля трассы и строит диаграммы высот антенн на пролетах. Выполненные расчеты, полученные результаты и графические материалы, должны быть приведены в виде пояснительной записки.

Курсовой проект, в процессе обучения студента, является одним из этапов овладения научно-исследовательской деятельности, выполняемой при активной помощи и консультации преподавателя - руководителя курсовым проектом.

Выполнение и защита курсового проекта является завершением изучения курса по МДК 01.02. Технология монтажа и обслуживания оборудования направляющих систем радио и оптической связи. Радиорелейная связь - один из видов наземной радиосвязи, основанный на многократной ретрансляции радиосигналов.

Курсовой проект охватывает материал: содержащий вопросы проектирования цифровых микроволновых линий связи, работающих в диапазонах частот выше 10 ГГц и предназначенных для передачи цифровых потоков со скоростями до 34 Мбит/с. Исходя из вышесказанного, предлагаемый методический материал является полезным и необходимым при выполнении курсового проекта.

Рецензент:



Борисов А.В.
расшифровка
препод. высшей
категории 21.02.2010 г.

Содержание

Введение.....	3
1 Требования к оформлению курсового проекта.....	4
1.1 Общие требования к объему, содержанию и порядку построения курсового проекта.....	4
2 Методическое пособие по курсовому проектированию.....	9
3 Основная часть.....	13
3.1 Анализ данных, предварительный выбор типа аппаратуры и параметров антенно-фидерного тракта (АФТ).....	13
3.2 Выбор месторасположения станций и построение профилей интервалов.....	18
3.3 Ориентировочный выбор высот подвеса антенн.....	23
3.4 Расчет норм на показатели неготовности и на показатели качества по ошибкам.....	24
3.5 Расчет запасов на замирания.....	26
3.6 Расчет показателей неготовности.....	30
3.7 Расчет показателей качества по ошибкам.....	32
3.8 Окончательный выбор типа аппаратуры и характеристик АФТ. Построение диаграммы уровней на пролете.....	34
Заключение.....	35
Список использованных источников.....	36
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	37-67

Введение

В процессе обучения студент оказывается включенным в контекст самостоятельной деятельности. Одним из основных видов самостоятельной деятельности является выполнение курсового проекта. Выполнение и защита курсового проекта является завершением изучения курса по МДК 01.02. Технология монтажа и обслуживания оборудования направляющих систем радио и оптической связи. Работа над теоретической частью позволяет оценить следующие общие и профессиональные компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ПК 1.1 Выполнять монтаж и первичную инсталляцию оборудования систем радиосвязи и вещания

ПК 1.2 Выполнять монтаж и производить настройку сетей абонентского доступа на базе систем радиосвязи и вещания

ПК 1.3 Контролировать качество предоставления услуг радиосвязи и вещания

ПК 1.4 Выполнять регламентно-технические работы по обслуживанию оборудования радиосвязи и вещания

ПК 1.5 Определять места повреждений и выбирать методы восстановления работоспособности оборудования систем радиосвязи и вещания

1 Требования к оформлению курсового проекта

1.1 Общие требования к объему, содержанию и порядку построения курсового проекта

По структуре курсовой проект состоит из:

- содержания;
- введения, в котором раскрывается актуальность разрабатываемой темы, формулируются цели и задачи проекта;
- основной части;
- заключения;
- список использованных источников;
- приложения.

Во введении обосновывается выбор темы, определяемый ее актуальностью; формируются проблема и круг вопросов, необходимых для ее решения; определяется цель работы с ее расчленением на взаимосвязанный комплекс задач, подлежащих решению для раскрытия темы; указываются объект исследования, используемые методы анализа и литературные источники.

Основная часть, в которой раскрывается содержание курсового проекта, как правило, состоит из теоретического и практического разделов.

В основной части могут быть представлены схемы, диаграммы, таблицы, рисунки и т.д.

В заключении содержатся итоги работы, выводы, к которым пришел автор, и рекомендации. Заключение должно быть кратким, обстоятельным и соответствовать поставленным задачам.

Список использованных источников представляет собой перечень использованных книг, статей, журналов и т.д.

Приложения к курсовому проекту оформляются на отдельных листах, причем каждое должно иметь свой тематический заголовок.

Наименования структурных элементов курсового проекта «Содержание», «Введение» служат заголовками структурных элементов курсового проекта. Заголовки структурных элементов следует располагать с красной строки и в конце и печатать прописными буквами, не подчеркивая. Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом составляет два одинарных интервала.

Курсовой проект содержит пояснительную записку и графическую часть. Рекомендуемый объем пояснительной записки не менее 25 листов (печатного текста) формата А4, а для графической части от 1 до 3 листов формата А3.

Графическая часть проекта содержит:

- рисунки профилей интервалов при нулевой рефракции;
- рисунки профилей интервалов при нормальной рефракции и при субрефракции;
- диаграмма уровней на одном из интервалов;
- диаграмма высот подвеса антенн.

Пояснительную записку (ее текстовую часть) выполняют следующим способом:

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004).

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки (рукописным способом), а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой или тушью.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графика) не допускается.

Текстовые документы выполняют на формах, установленных соответствующими стандартами ЕСКД.

Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк — не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным (15—17 мм).

При выполнении курсового проекта с использованием компьютера два интервала машинописного текста (8 мм) соответствуют одному одинарному, а три-четыре (15мм) – двум одинарным интервалам.

При выполнении текстовых документов автоматизированным способом допускается применять расстояния, близкие к указанным интервалам.

Для электронных документов при выводе на бумажный носитель или устройство отображения с использованием программных средств допускается отклонения по формам исполнения таблиц (размеры рамок, граф и т.п.) и размещению текста (размеры полей, интервалы и т.д.) с соблюдением при этом требований к оформлению текстовых документов.

Рекомендуемым типом шрифта является шрифт Times New Roman. Размер шрифта основного текста должен составлять 14 кегль (через полтора межстрочных интервала).

Ссылки на использованные источники следует указывать порядковым номером библиографического описания источника в списке использованных источников. Порядковый номер ссылки заключают в квадратные скобки. Нумерация ссылок ведется арабскими цифрами в порядке приведения ссылок в тексте отчета независимо от деления отчета на разделы.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при

условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1.

Формы, размеры, номенклатуру реквизитов и порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф к ней в конструкторских документах оформляется в соответствии с ГОСТ 2.104 .

Список использованных источников курсового проекта (список нормативных актов и использованной литературы) оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1.

В списке перечисляются не только те нормативно-правовые акты и литература, на которые автор ссылается в текстовой части работы, но и те, которые автор изучил в ходе исследования и подготовки к написанию работы.

Список использованных источников состоит из трех частей: списка нормативно-правовых актов, списка использованной литературы и списка сайтов в Интернете.

Нормативно-правовые акты располагаются в соответствии с убыванием их юридической силы в следующем порядке:

- Конституция Российской Федерации;
- кодексы по алфавиту;
- Законы Российской Федерации – по хронологии;
- Указы Президента Российской Федерации – по хронологии;
- акты Правительства Российской Федерации – по хронологии вне зависимости от вида нормативного акта;
- акты министерств и ведомств – по хронологии вне зависимости от ведомственной принадлежности и видов актов;
- решения иных государственных органов и органов местного самоуправления – по алфавиту, а затем – по хронологии;
- нормативные акты иностранных государств, не действующих на территории Российской Федерации.

В списке должно быть указано полное название акта, дата его принятия, номер, а также официальный источник публикации.

Материалы юридической практики располагаются после вышеперечисленных актов в хронологической последовательности (т. е. по годам) в следующем порядке:

- постановления Конституционного суда РФ;
- постановления пленумов Верховного Суда Российской Федерации и Высшего Арбитражного суда Российской Федерации.

Научная литература — монографии, учебники, учебные пособия, научные статьи и пр. располагаются в алфавитном порядке по фамилиям авторов (если автор на титульном листе не указан, то по названию книги).

Библиографическое описание составляют: фамилия и инициалы автора, полное название источника (с подзаголовками, которые могут идти после запятой, через точки, после двоеточия, в скобках и т.п.); после косой черты (/) - данные о переводчике (если это перевод) или о редакторе (если источник написан группой авторов), данные о числе томов (отдельно опубликованных частей, если таковые имеются). Названные части описания разделяются точкой; после тире – название города, в котором издан источник (для Москвы и Санкт-Петербурга установлены сокращения – М., СПб. Остальные города записываются полностью, например, Ростов-на-Дону); после двоеточия – название издательства, которое его выпустило (обязательна запись издательства в сносках, если указываются страницы приведенных цитат); и, наконец, после запятой – год издания.

Студент разрабатывает и оформляет курсовой проект в соответствии с требованиями ЕСТД и ЕСКД.

2 Методическое пособие по курсовому проектированию

Введение

Радиорелейная связь - один из видов наземной радиосвязи, основанный на многократной ретрансляции радиосигналов. Радиорелейная связь осуществляется как правило между стационарными объектами. При построении тропосферных радиорелейных линий связи используется эффект отражения дециметровых и сантиметровых радиоволн от турбулентных и слоистых неоднородностей в нижних слоях атмосферы - тропосфере. Использование эффекта дальнего тропосферного распространения радиоволн УКВ диапазона позволяет организовать связь на расстояние до 300 км при отсутствии прямой видимости между радиорелейными станциями. Дальность связи может быть увеличена до 450 км при расположении радиорелейных станций на естественных возвышенностях.

Для тропосферной радиорелейной связи характерно значительное ослабление сигнала. Ослабление возникает как при распространении сигнала через атмосферу, так и вследствие рассеяния части сигнала при отражении от тропосферы. Поэтому для устойчивой радиосвязи, как правило используют передатчики мощностью до 10 кВт, антенны с большой апертурой, значит, и большим коэффициентом усиления, а также высокочувствительные приёмники с малошумящими элементами.

На сети связи нашей страны используется большое число различных радиорелейных систем. Так, на магистральных РРЛ работают отечественные радиорелейные системы: Р-600М, Р-6002М, «Рассвет-2», «Восход», КУРС-4 и КУРС-6, а также оборудование зарубежного производства: «Дружба» и ГТТ-70 (Венгрия), системы фирм НЕК (Япония), «Телетра» (Италия), «Томсон-ЦСФ» (Франция). На внутризоновых РРЛ используют отечественные радиорелейные системы КУРС-2М, КУРС-8-О, КУРС-8-ОТ, КУРС-8-ОУ и КУРС-8-02, а также системы производства Венгерской Народной Республики. В настоящее время

на различных стадиях разработки находится ряд новых отечественных радиорелейных систем для магистральных, внутризоновых и местных РРЛ: «Электроника-Связь- 6-1», «Радуга-4», «Ракита-8», «Нить», КУРС-2М-2, «Пихта-2», РЦ-140 и др. В таблице 1 приведены основные технические характеристики отечественных радиорелейных систем для магистральных и внутризоновых РРЛ, находящихся в эксплуатации, а также некоторых новых систем. Развитие радиорелейной техники характеризуется широким применением микроэлектроники во всех звеньях аппаратуры и рядом новых схемных решений. Это привело к значительному снижению потребляемой мощности, повышению надежности работы аппаратуры, улучшению качественных показателей и стабильности характеристик.

В последние годы значительно возрос интерес к цифровым радиорелейным системам с временным уплотнением каналов, эти системы внедряются в первую очередь на местных и внутризоновых РРЛ.

Курсовой проект охватывает материал: содержащий вопросы проектирования цифровых микроволновых линий связи, работающих в диапазонах частот выше 10 ГГц и предназначенных для передачи цифровых потоков со скоростями до 34 Мбит/с.

В процессе выполнения проекта должны быть проделаны расчеты, необходимые для решения поставленных задач, даны обоснования принятых решений и сделаны выводы из полученных результатов. Выполненные расчеты, полученные результаты и графические материалы, должны быть приведены в виде пояснительной записки.

Записать основные технические данные заданной аппаратуры (данные по вариантам в Приложении В).

При выполнении курсового проекта по цифровым системам связи нужно выполнить несколько условий.

Обязательные требования:

1 Необходимо выбрать для расчета 2 интервала линии связи разной протяженности (с протяженностью не менее заданной величины $R_{\min}$).

2 Для каждого интервала задаться несколько подходящих диапазонов частот.

3 Из таблицы параметров аппаратуры выбрать любой тип оборудования, способный работать на заданной скорости и имеющий примерно одинаковые технические параметры в этих диапазонах частот (как правило, это оборудование одной фирмы). На этом этапе работы, возможно задаться параметрами для некоего гипотетического оборудования, например, выбрав такие типовые величины $R_{\text{пд}} = 20$ дБм, $R_{\text{пр пор}} = -88$ дБм), поскольку задачей является определение наилучшего диапазона частот для разных интервалов.

4 Провести расчеты для выбранных диапазонов частот, свести результаты в общую таблицу и выбрать наилучшие варианты.

Критерием для выбора будут являться наименьшие диаметры параболических антенн.

5 Определив наиболее подходящий диапазон частот для каждого интервала, выбрать несколько (2-3) типов оборудования этого диапазона и провести расчеты, добиваясь наилучшего выполнения вышеприведенного критерия.

Желательно профили интервалов снять с реальной карты местности любого района. Предпочтительна карта с масштабом 1см/км (1:100000) с нанесенными на ней линиями равных высот (горизонталями). В крайнем случае, можно пользоваться данными для построения профилей из таблиц, приведенных в методических указаниях.

Выбор варианта

Варианты заданий выбираются студентом самостоятельно по в соответствии с номером по журналу (Приложение Б). Результаты выбора задания нужно занести в бланк, форма которого показана ниже.

Исходные данные для выполнения курсового проекта.

Номер по журналу

Общие данные для курсового проекта

Качество линии связи	
Скорость работы	
R_0 мин	
Число интервалов	2

Таблицы высотных отметок профилей.

Таблицы параметров местных предметов, располагающихся на профилях.

3 Основная часть

3.1 Анализ данных, предварительный выбор типа аппаратуры и параметров антенно-фидерного тракта (АФТ)

В этом разделе курсового проекта необходимо сделать предварительный выбор диапазона рабочих частот, руководствуясь кратким анализом, приведенным ниже, а также описать аппаратуру РРЛ в соответствии с заданием.

Диапазон 2 ГГц (1.7-2.1 ГГц)

Этот диапазон характеризуется возможностью распространения сигналов на достаточно протяженных пролетах (до 50-80 км). Устойчивость распространения радиоволн в сильной степени зависит от экранирующего действия препятствий на интервалах РРЛ при атмосферной рефракции. В этом диапазоне волн антенны обладают весьма большими габаритами, и поэтому коэффициенты усиления не превышают 35-38 дБ при диаметрах параболических антенн до 5 м. С уменьшением размеров антенн эффективность системы связи резко падает. Диапазон подвержен влиянию помех от других радиотехнических средств.

Диапазон 4 ГГц (3.4-3.9 ГГц)

Наиболее освоенный и загруженный РРЛ диапазон частот. В этом диапазоне работают многие магистральные системы связи. Характеризуется возможностью получать довольно протяженные пролеты (40-55 км) при хороших качественных показателях. Остронаправленные антенны (с коэффициентами усиления порядка 40 дБ) обладают значительными габаритами и весом и, следовательно, требуют весьма дорогостоящих антенных опор. На распространение сигналов оказывает существенное воздействие атмосферная рефракция, приводящая к экранированию сигнала препятствиями на пролетах, и интерференция прямых и отраженных волн.

Диапазон сложен с точки зрения электромагнитной совместимости, так как в нем работает множество радиотехнических средств.

Диапазон 6 ГГц (5.6-6.2 ГГц)

Популярный в последние десятилетия диапазон частот, предназначенный для магистральных систем связи. Позволяет получить достаточно эффективные системы РРЛ, передающие большие объемы информации. Средняя протяженность пролета достигает 40-45 км. Размеры антенн не слишком велики (например, антенна с коэффициентом усиления 43 дБ имеет диаметр 3.5 м). На распространение сигналов оказывает существенное воздействие атмосферная рефракция, приводящая к экранированию сигнала препятствиями на пролетах, и интерференция прямых и отраженных волн.

Диапазон 8 ГГц (7.9-8.4 ГГц)

Диапазон 8 ГГц освоен в настоящее время достаточно хорошо. В нем работает большое количество радиорелейных систем средней емкости (порядка 300-700 ТЛФ каналов в стволе для аналоговых систем и до 55 Мбит/с - для цифровых). Существует и аппаратура большой емкости, предназначенная для передачи потоков STM-1.

В этом диапазоне на распространение сигнала начинают оказывать влияние гидрометеоры (дождь, снег, туман и пр.). Кроме того, влияет атмосферная рефракция, приводящая к закрытию трассы или к интерференции волн. Средняя протяженность пролета РРЛ составляет 30-40 км. Антенны имеют высокий коэффициент усиления при диаметрах порядка 1.5 - 2.5 м. Число радиосредств в России, использующих этот диапазон, пока относительно невелико, и, следовательно, электромагнитная обстановка благополучна. Однако необходимо учитывать помехи от соседних радиорелейных линий, работающих в данном диапазоне частот.

В настоящее время диапазон применяется для организации зональных линий связи и различных ответвлений от магистральных систем. Отечественные и зарубежные фирмы хорошо освоили производство аппаратуры и предлагают на

рынке широкий спектр аналоговых и цифровых систем как средней, так и большой емкости.

Диапазоны 11 и 13 ГГц (10.7-11.7, 12.7-13.2 ГГц)

Эти диапазоны перспективны с точки зрения эффективности систем РРЛ. При протяженности пролета 15-30 км, высокоэффективные антенны имеют небольшие габариты и вес, что обеспечивает относительную дешевизну антенных опор. Доля влияния атмосферной рефракции на устойчивость работы систем уменьшается, но увеличивается влияние гидрометеоров. В этих диапазонах, в основном, строятся цифровые радиорелейные системы связи на скорости до 55 Мбит/с, хотя, есть примеры передачи цифровых потоков со скоростями до 155 Мбит/с.

Аппаратура часто строится в виде моноблоков, т.е. приемопередатчики объединены с антенной и располагаются на вершине антенной опоры.

Но эти диапазоны используют большое количество радиосредств. Спутниковые системы связи, различные радиолокаторы и пеленгаторы, охранные системы создают неблагоприятную электромагнитную обстановку, что затрудняет работу в данных диапазонах.

Диапазоны 15 и 18 ГГц (14.5-15.35, 17.7-19.7 ГГц)

Интенсивное развитие систем связи привело к бурному освоению этих диапазонов частот. Средняя протяженность пролетов достигает 20 км для зон с умеренным климатом. Аппаратура выполняется в виде моноблока. Типовые параболические антенны имеют диаметры 0.6, 1.2 или 1.8 м при коэффициентах усиления от 38 до 46 дБ. В ряде регионов России диапазон 15 ГГц уже перегружен радиосредствами. Диапазон 18 ГГц пока более свободен. На распространение сигналов сильное влияние оказывают гидрометеоры и интерференция прямых и отраженных волн. Ослабление в дожде может составлять 1-12 дБ/км (при интенсивности дождей 20-160 мм/час). Некоторое влияние оказывает и сама атмосфера (атомы кислорода и молекулы воды), ослабление в которой достигает 0.1 дБ/км.

Диапазон 23 ГГц (21.2-23.6 ГГц)

Согласно рекомендациям МСЭ-Р в этом диапазоне разрешено строить системы аналоговой и цифровой связи любой емкости. Средняя протяженность пролетов меньше 20 км, так как на распространение сигналов сильное влияние оказывают гидрометеоры и ослабления в атмосфере. Желательно использовать вертикальную поляризацию радиоволн, хотя разрешено использование любой поляризации. Типовые параболические антенны имеют диаметры 0.3, 0.6 и 1.2 м. Ослабление в дождях может быть от 2 до 18 дБ/км, а в атмосфере достигает 0.2 дБ/км.

Диапазон разрешено использовать в спутниковых системах связи. Поэтому при расчетах необходимо учитывать возможность помех.

Диапазон 27 ГГц (25.25-27.5 ГГц)

Диапазон предназначен для построения систем фиксированного радиообслуживания. Характеризуется несколько меньшим ослаблением (меньше 0.1 дБ/км) сигнала в атмосфере. Средняя протяженность пролета 12 км. Ослабление в дождях 3-24 дБ/км. Антенны имеют диаметр 0.3, 0.6 м.

Диапазон 38 ГГц (37-39.5, 38.6-40 ГГц)

Согласно рекомендациям МСЭ-Р в этом диапазоне разрешено строить системы аналоговой и цифровой связи любой емкости. Протяженность пролета меньше 8 км. В случае если показатель неготовности линии связи соответствует локальному качеству, протяженность интервала можно довести до 15 км. Аппаратура представляет собой моноблок с антенной диаметром 0.3 м. Используется только вертикальная поляризация, так как, при этом получается лучшая устойчивость системы связи при наличии дождей. Ослабление в атмосфере составляет порядка 0.12 дБ/км, а в гидрометеорах - от 5 до 32 дБ/км (при интенсивности дождей от 20 до 160 мм/час).

Диапазон 55 ГГц (54.25-57.2 ГГц)

Протяженность пролета составляет несколько километров при антеннах диаметром 15 см. Ослабление сигнала в атмосфере до 5 дБ/км, а в дождях - от 7 до 40 дБ/км.

Диапазон 58 ГГц (57.2-58.2 ГГц)

В этом диапазоне разрешено строить системы аналоговой и цифровой связи любой емкости, но рекомендации также пока отсутствуют. Диапазон можно использовать для создания пролета РРЛ на расстояние в 1-2 км, используя антенны диаметром меньше 15 см. Ослабление сигнала в атмосфере до 12 дБ/км, а в дождях - от 9 до 45 дБ/км. Сильное влияние дождей приводит к неустойчивости работы системы связи.

Необходимо учитывать, что этот диапазон является почти предельным для создания радиосистем, так как на частотах выше 60 ГГц наблюдается непрозрачность атмосферы для радиоволн из-за поглощения энергии в атомах кислорода (резонансные частоты поглощения равны 60 и 120 ГГц). Однако, в последние годы, появился интерес к этим диапазонам для создания безлицензионных радиосистем с пролетами протяженностью 1-2 км.

В условиях очень сухого климата, при малой вероятности осадков или на коротких пролетах, может использоваться диапазон частот 84-86 ГГц и выше в России имеется аппаратура на диапазон частот 93 ГГц.

Расчет коэффициента усиления

Важным критерием для выбора диапазона частот будет минимальная протяженность интервала (**R0 мин**). К примеру, при **R0 мин** = 5-7 км, неоправданно выбирать диапазон рабочих частот меньше 10 ГГц, а правильно - 27-38 ГГц. Затем, по заданной скорости работы и выбранному диапазону частот, найти подходящий тип оборудования (**Приложение А**) и выписать его основные параметры. Задайтесь размерами (диаметром) приемных и

передающих параболических антенн (0.3, 0.6, 0.9, или 1.2 м) и рассчитайте их коэффициенты усиления по формуле

$$G=20Lg(D)+20Lg(f)+17.5, \text{ дБ} \quad (1)$$

где D - диаметр антенны, м;

f - рабочая частота, ГГц (при расчетах используйте округленное значение средней частоты выбранного диапазона).

При выборе антенн необходимо учитывать, что на практике не применяются антенны с коэффициентами усиления большими, чем **45 - 47 дБ**.

При дальнейших расчетах эти параметры можно будет изменять для оптимизации проектируемой линии связи.

3.2 Выбор месторасположения станций и построение профилей интервалов

Данные для построения профилей интервалов выбираются из соответствующих таблиц (Приложение Б) или снимаются с карты любой местности. При выборе данных профилей из таблиц, величины нужно записать в таблицы (табл. 1, 2), примерный вид которых показан ниже.

Таблица 1 - Высотные отметки профиля номера

Номер точки	k	h , м
1	0	
2	0.1	
3	0.2	
4	0.3	
5	0. 4	
6	0. 5	
7	0. 6	

8	0.7	
9	0.8	
10	0.9	
11	1.0	

Таблица 2 - Местные предметы профиля номера

Номер МП	k_1	k_2	h , м	Вид МП
1				
2				
и т.д				

В таблице 1 содержатся одиннадцать высотных отметок (h), расположенных равномерно по длине интервала на относительных расстояниях k . В таблице 2 приведены параметры различных структур, расположенные на поверхности Земли вдоль линии распространения радиосигнала. К таким структурам, которые принято называть местными или наземными предметами, относятся лесные массивы, крупные отдельные строения, населенные пункты, линии электропередач и пр.

Величины k_1 и k_2 соответствуют расположению крайних границ местных предметов на интервале, h - высота местного предмета. В одном из столбцов содержится название местного предмета.

По данным из таблицы 1, 2 нужно построить профили интервалов, которые отражают вертикальный разрез местности между соседними станциями.

Подробная методика построения профилей и предполагает два этапа. Сначала строится линия (парабола), изображающая условный нулевой уровень. Уравнение параболы выглядит следующим образом:

$$Y = \frac{R_0^2}{2a_{\text{экв}}} k(1-k), \quad (2)$$

где Y - высота параболы (м) на относительной координате k ;

R_0 -протяженность пролета, м;

$a_{\text{экв}}$ - эквивалентный радиус Земли, м.

При построении профилей без учета влияния атмосферы, $a_{\text{экв}}$ примем равным геометрическому радиусу Земли (6370 км). Затем, используя данные к курсовому проекту или данные снятые с карты местности, наносим отметки точек профиля относительно нулевого уровня и соединяем их линиями.

Примерный вид профиля, построенного по таблицам 1, 2, показан на рисунке 1.

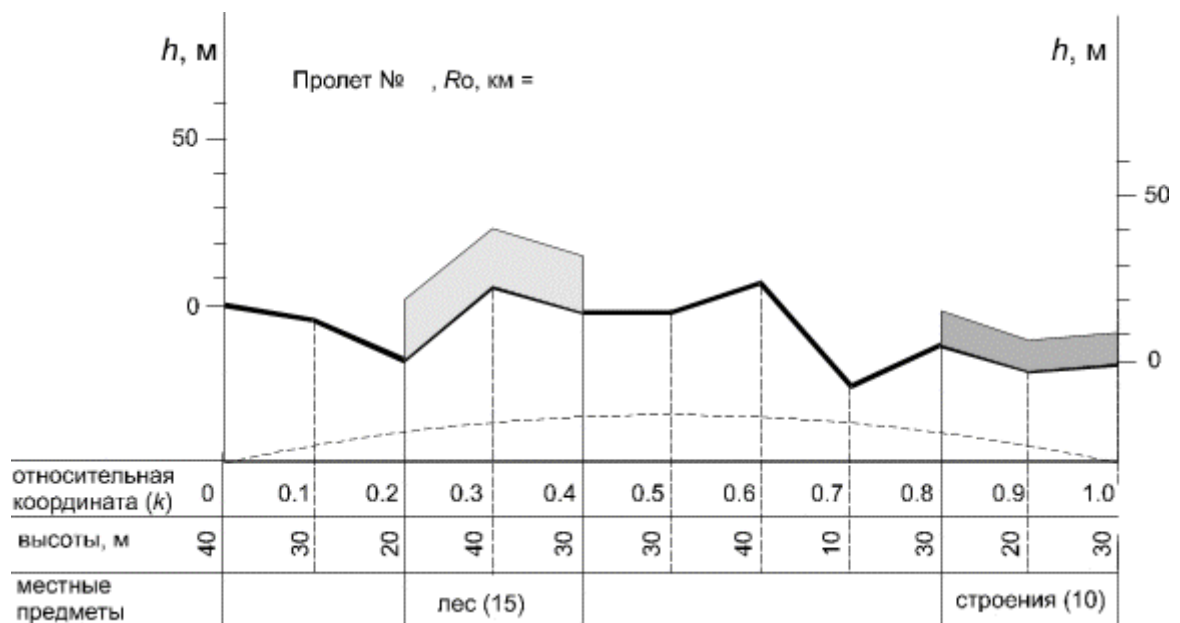


Рисунок 1 - Примерный вид профиля трассы

Линии равных высот (горизонтالي) представляют собой замкнутые кривые, все точки которых имеют одинаковую высоту над уровнем моря. Горизонтали бывают нескольких видов - сплошные, сплошные утолщенные, пунктирные и пр. На картах обычно указана разница по высоте между сплошными соседними горизонталями (к примеру, на карте с масштабом 1:100000, может быть написана фраза «Сплошные горизонтالي проведены через 20 м»). Разница высот между сплошными и пунктирными горизонталями в 2 раза меньше. На подобных картах сплошные утолщенные горизонтالي имеют высоту, кратную 100 м.

В рамках курсового проекта высоты точек местности, на которых располагаются антенные опоры, можно принять равными высоте ближайшей горизонтали. Средними высотами местных предметов задайтесь произвольно, ориентируясь на следующие величины:

- строений в сельской местности - 6-8 м;
- строений в поселках городского типа - 10-20 м;
- строений в городе - 20-30 м;
- леса на низких местах - 10-15 м;
- леса на возвышенных местах - 15-30 м.

Иногда, на карте изображаются значки, соответствующие характеру леса и цифры, показывающие среднюю высоту леса и среднюю толщину стволов деревьев.

При выполнении курсового проекта, выбираются места расположения станций для двух интервалов разной протяженности (не менее величины $R_{0\text{мин}}$, указанной в задании на курсовой проект). Важно знать, что не рекомендуется располагать станции РРЛ на одной линии, а необходимо выполнять условие «зигзагообразности».

Вдоль направлений, которые Вы выберете на реальной карте, нужно снять основные параметры профилей и данные занести в таблицы (таблицы 3, 4). Для курсового проекта эти параметры заданы в задании (**Приложение Б**).

Таблица 3 - Высотные отметки профиля номер

Номер точки	$r(i)$, км	$h(i)$, м
1	0	
2		
3		
и т. д.		

где $r(i)$ - расстояние в километрах от места расположения станции до i -той высотной отметки;

$h(i)$ - высота поверхности Земли относительно условного уровня в i -той точке.

Таблица 4 - Местные предметы профиля номер.....

Номер МП	$r1(i)$, км	$r2(i)$, км	$h(i)$, м	Вид МП
1				
2				
и т.д				

где $r1(i)$, $r2(i)$ - расстояния в километрах до начала и конца i -того местного предмета;

$h(i)$ - высота i -го местного предмета.

Затем, по рекомендациям, приведенным выше, строятся профили интервалов. Примерный вид профиля показан на рисунке 2.

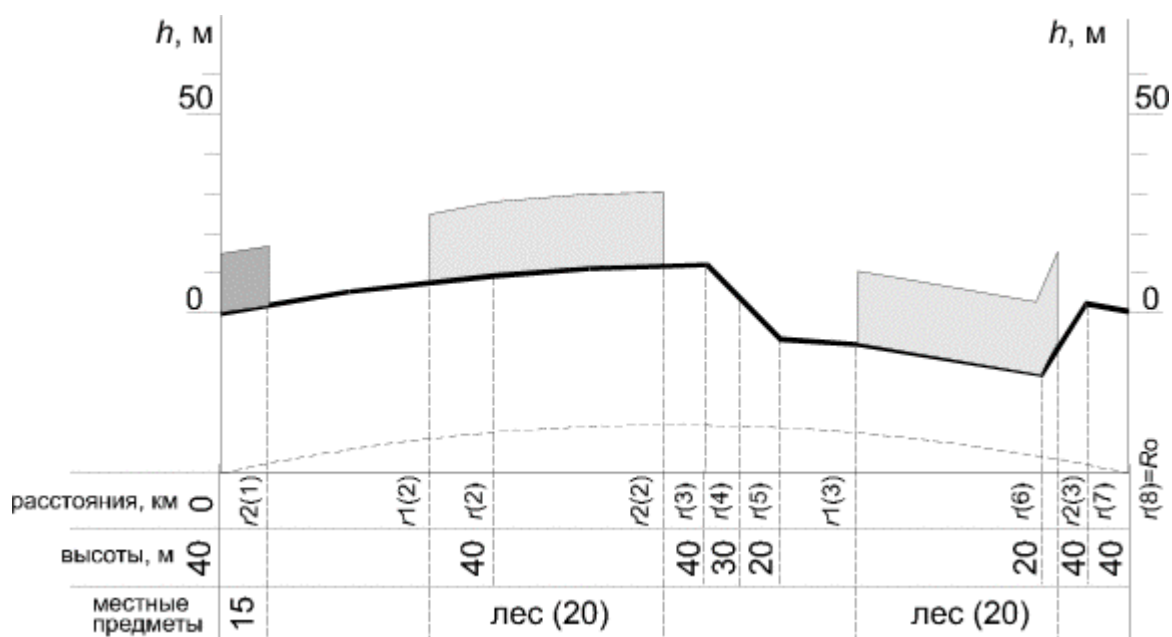


Рисунок 2- Примерный вид профиля трассы

3.3 Ориентировочный выбор высот подвеса антенн

После вычерчивания профилей интервалов (по данным курсового проекта или по данным, полученным с карты местности) необходимо определить ориентировочные значения высот подвеса антенн. При этом нужно руководствоваться величиной просвета между линией прямой видимости и профилем трассы. Ориентировочное значение просвета для короткопролетных микроволновых систем связи должно быть численно равно радиусу первой зоны Френеля, которая определяется по формуле

$$R_{1\phi} = 17.3 \sqrt{\frac{R_0 k(1-k)}{f}}, \quad (3)$$

где R_0 - протяженность пролета, км;

f - рабочая частота, ГГц;

k - относительная координата наивысшей точки на трассе.

Отложите на профилях величины $R_{1\phi}$, как показано на рисунке 4,

проведите линии прямой видимости, пользуясь рекомендациями, и определите ориентировочные значения высот подвеса антенн h_1 и h_2 .

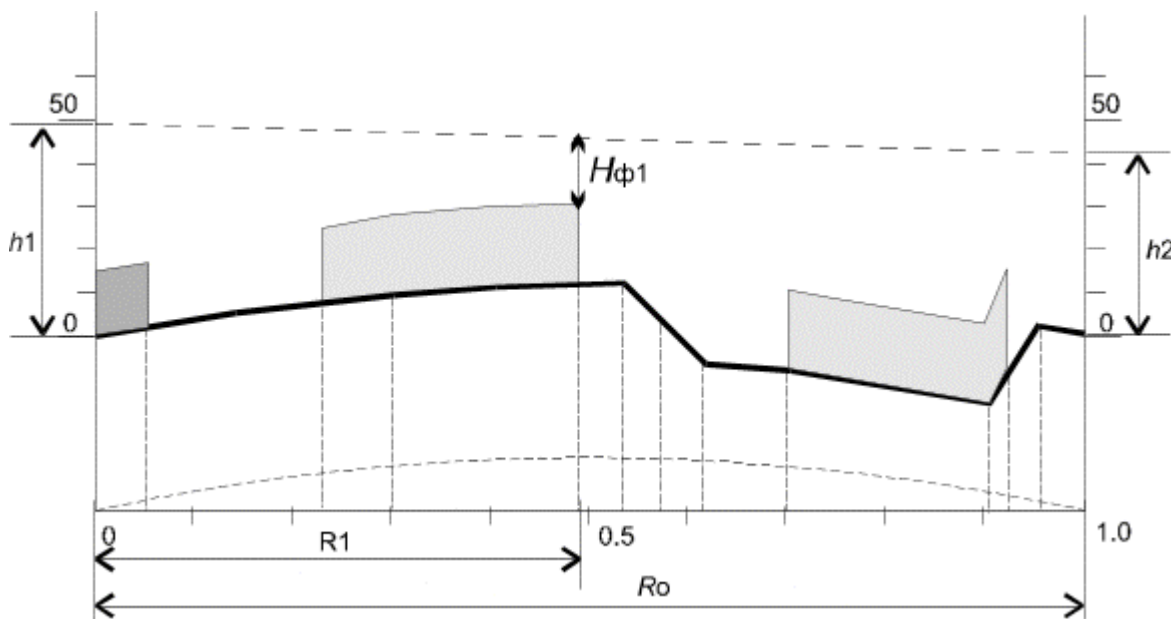


Рисунок 3 - Ориентировочные значения высот подвеса антенн h_1 и h_2

3.4 Расчет норм на показатели неготовности и на показатели качества по ошибкам

Нормы, по рекомендации МСЭ-Т G. 821, состоят из двух основных компонент: показатели неготовности и показатели качества по ошибкам.

Показатели неготовности (ПНГ)

Неготовность аппаратуры - такое состояние участка ЦРРЛ, при котором в течение десяти секундных интервалов, следующих подряд, имеет место хотя бы одно из событий:

- пропадание сигнала (потеря синхронизации);
- коэффициент ошибок $k_{ош} = N_{ош} / N > 10^{-3}$, где N - число переданных символов, $N_{ош}$ - число ошибочно принятых символов.

Причины, приводящие к неготовности аппаратуры:

- экранирующее влияние препятствия при субрефракции;
- влияние гидрометеоров (учитывается при частотах выше 6 ГГц);

-влияние промышленных атмосферных метеоров (экологические факторы).

Данные для расчетов отсутствуют:

- ненадежность аппаратуры;
- ошибки обслуживающего персонала.

Таблица 5 – Показатели неготовности

Качество линии		ПНГ, %
Линии связи высокого качества		$\leq 0.3 L / 2500$
Линии связи среднего качества	1 класс	$\leq 0.033 (L=280 \text{ км})$
	2 класс	$\leq 0.05 (L=280 \text{ км})$
	3 класс	$\leq 0.05 (L=50 \text{ км})$
	4 класс	$\leq 0.1 (L=50 \text{ км})$
Линии связи локального качества		$\leq 0.01-1$

Показатели качества по ошибкам (ПКО)

Показатели качества по ошибкам системы связи относятся к тем промежуткам времени, в течение которых система находится в состоянии готовности.

Различаются следующие параметры:

- сильно пораженные секунды (СПС);
- минуты пониженного качества (МПК);
- секунды с ошибками (СО);
- остаточный кош (ОКО).

Сильно пораженные секунды представляют собой процент времени превышения величины кош = 10^{-3} за 1 секунду. Минуты пониженного качества - процент времени превышения кош = 10^{-6} за 1 минуту. Секунды с ошибками - процент времени превышения кош = 10^{-6} за 1 секунду (эта норма определяет качество работы системы связи при передаче данных). В некоторых источниках имеется определение параметра секунды с ошибками как процентное

отношение числа бракованных секунд, в течение которых имеется одна или больше ошибок к общему времени работы системы.

Величины всех этих параметров зависят от интерференционных замираний сигнала на интервале ЦРРЛ, которые складываются из гладких и частотно-селективных. К гладким замираниям необходимо относить такие замирания, которые не искажают частотную характеристику системы связи. Соответственно частотно-селективные замирания влияют на АЧХ ствола РРЛ, т.е. в пределах полосы пропускания линии связи вносят различные ослабления на разных частотах. Эти замирания необходимо учитывать при полосе пропускания ВЧ ствола больше 10-15 МГц.

Таблица 6 - Показатели качества по ошибкам

Линии связи высокого качества		СПС $\leq 0.054\% L / 2500$
		МПК $\leq 0.4\% L / 2500$
Линии связи среднего качества $L_{\text{секции}} = 280 \text{ км}$	1 класс	СПС $\leq 0.06\%$ МПК $\leq 0.45\%$
	2 класс	СПС $\leq 0.0075\%$ МПК $\leq 0.2\%$
Линии связи среднего качества $L_{\text{секции}} = 50 \text{ км}$	3 класс	СПС $\leq 0.002\%$ МПК $\leq 0.2\%$
	4 класс	СПС $\leq 0.005\%$ МПК $\leq 0.5\%$
Линии связи локального качества		СПС $\leq 0.015\%$ МПК $\leq 1.5\%$

$$\text{ПНГ} = (0,02 * R_0) / L, \quad \% \quad (4)$$

$$\text{СПС} = (0,002 * R_0) / L, \quad \% \quad (5)$$

где 0,02 и 0,002, значения, взятые из таблиц 5 и 6 для определенной линии связи.

3.5 Расчет запасов на замирания

Важнейший параметр для расчета цифровой системы радиосвязи - запас на замирания (M). Запас на замирания представляет собой разницу между уровнями сигнала на входе приемника в отсутствии замираний и пороговым уровнем, при котором коэффициент ошибок составляет определенную величину. Рассмотрим упрощенную структурную схему интервала радиолинии и соответствующую диаграмму уровней (рисунок 6). Очевидно, что качество работы линии связи, определяется уровнем сигнала на входе приемника $P_{пр}$ и возможными отклонениями этого уровня при замираниях. На диаграмме уровней видно, что сигнал излучается передатчиком с уровнем $P_{пд}$, проходит через разделительный фильтр (РФ), в котором уровень упадет за счет потерь и поступает через фидер в передающую антенну с коэффициентом усиления G_1 . За счет потерь в фидере $L_{ф1}$ уровень сигнала еще уменьшиться, а в передающей антенне увеличится на величину G_1 .

При распространении сигнала по интервалу РРЛ (протяженностью R_0 , на рабочей частоте f) уровень сигнала упадет за счет ослабления свободного пространства, потерь в газах атмосферы и некоторых дополнительных потерь. Общее ослабление сигнала за счет этих причин может достигнуть 130-140 дБ и больше.

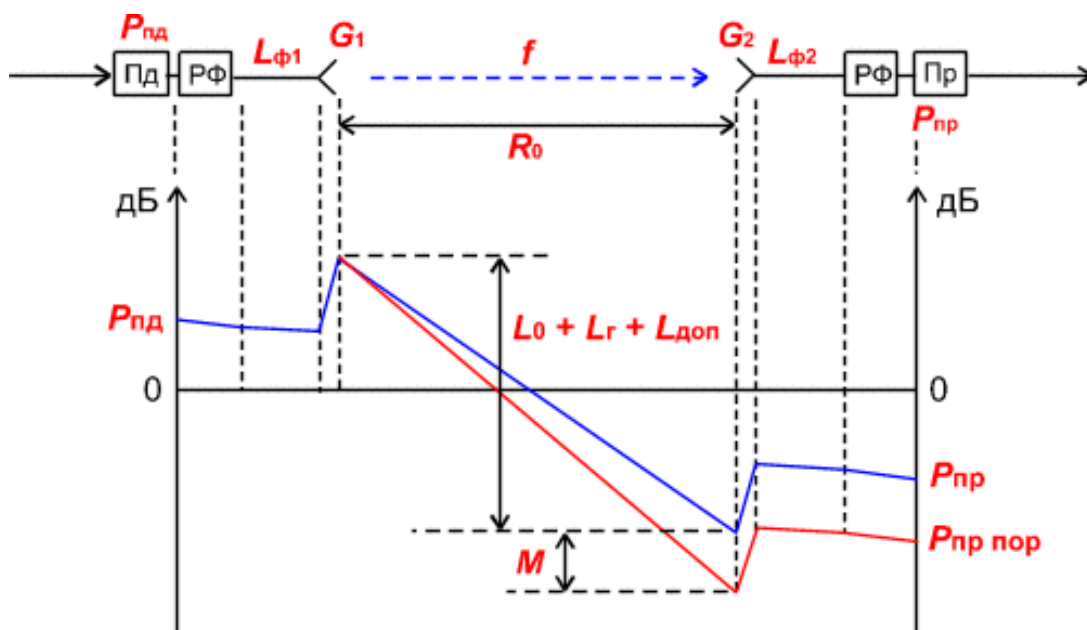


Рисунок 4 - Общее ослабление сигнала

В приемной антенне уровень сигнала увеличится на величину G_2 , затем уменьшится в приемной фидерной линии, в разделительном фильтре и поступит на вход приемника с уровнем $P_{пр}$. Это значение получается в отсутствии замираний сигнала на пролете РРЛ. Запас на замирания (M) является разницей между пороговым значением уровня сигнала на входе приемника $P_{пр}$ и пороговым значением $P_{пр\ пор}$, которое определяется из параметров конкретной аппаратуры цифровых РРЛ для заданной величины $кош$ (10^{-3} или 10^{-6}).

Уровень сигнала на входе приемника ($P_{пр}$, дБм)

$$P_{пр} = P_{нд} + G_1 + G_2 - L_0 - L_{ф1} - L_{ф2} - L_r - L_{рф} - L_{доп}, \quad (6)$$

где $P_{нд}$ - уровень мощности передатчика, дБм;

$L_{ф1}, L_{ф2}$ - ослабление сигнала в фидерных линиях, дБ;

$L_{ф1} = La$, где L - длина фидера, м;

a - погонное затухание фидера, дБ/м;

G_1, G_2 - коэффициенты усиления антенн дБ;

$L_{\phi 2}$ - определяется аналогично.

При отсутствии фидера (когда приемопередатчики объединены с антенной в виде моноблока) необходимо учитывать конструктивные особенности устройства объединения. При диаметре антенн 30 - 50 см приемопередающий блок соединяется с антенной непосредственно с помощью прецизионного волноводного соединителя, поэтому в этих случаях потери в фидерах можно принять равными 0 дБ.

При больших диаметрах антенн соединение проводится коротким отрезком гибкого волновода, потери в котором

$$L_{\phi 1}=L_{\phi 2}=0.5\text{дБ}$$

$L_{\text{рф}}$ - определяется из параметров аппаратуры. Но при моноблочной конструкции, данные на уровень мощности передатчика и пороговые значения уровня сигнала на входе приемника, часто относятся к точкам, соответствующим уровням на антенном волноводном соединителе (другими словами, в значения уровней уже заложены потери в разделительных фильтрах).

В этих случаях величина потерь $L_{\text{рф}} = 0$. При разнесенной конструкции приемопередатчиков и антенн, потери в РФ составляют 4 - 5 дБ (это относится к РРЛ большой емкости) $L_{\text{доп}}$ - дополнительные потери, складывающиеся из потерь в антенных обтекателях $L_{\text{ао}}$ и потерь от перепада высот приемной и передающей антенн $L_{\text{пв}}$; ($L_{\text{доп}} = 1 - 2$ дБ)

$$L_0=20\lg(4.189*10^4 R_0 f), \text{ дБ}, \quad (7)$$

где R_0 - протяженность интервала РРЛ, км,

f - рабочая частота, ГГц,

$L_{\text{г}}$ рассчитывается по формуле

$$L_{\Gamma} = (\gamma_0 + \gamma_n) R_0, \text{ дБ.} \quad (8)$$

где γ_0 , γ_n - погонные затухания в водяных парах и атомах кислорода атмосферы (дБ/км), определяемые из графика (Приложение).

В рамках курсового проекта, запас на гладкие замирания определяется при $\text{кош} = 10^{-3}$ по соотношению

$$M = R_{\text{пр}} - R_{\text{прпор}}(10^{-3}), \quad (9)$$

где $R_{\text{прпор}}(10^{-3})$ - пороговый уровень сигнала на входе приемника при коэффициенте ошибок $\text{кош} = 10^{-3}$ (определяется из параметров аппаратуры).

В дальнейших расчетах, величины, относящиеся к $\text{кош} = 10^{-3}$ будут обозначаться индексом 3 (например, M_3).

Величина запаса на замирания должна получиться порядка 37 - 43 дБ. При меньших значениях, устойчивой связи может не получиться, а при значениях, значительно превышающих эти пределы - параметры системы, а следовательно, ее стоимость будут неоправданно завышены. Поэтому, меняя коэффициенты усиления антенн, мощности передатчиков, диапазон рабочих частот, тип аппаратуры и пр. нужно добиться, чтобы запас на замирания находился в вышеуказанных пределах.

3.6 Расчет показателей неготовности

При расчете показателей неготовности в курсовом проекте учитывается только влияние гидрометеоров. К гидрометеорам относятся дожди, снег, град, туман и пр. Влияние гидрометеоров заметно уже при частотах больше 8 ГГц, а в неблагоприятных экологических условиях (при наличии в атмосферных осадках металлизированной пыли, смога, кислот или щелочей) и на значительно более низких частотах.

Методика учета влияния гидрометеоров на показатели неготовности линии связи основывается на расчете ослабления сигнала в атмосферных осадках, вероятность появления которых в данной местности равна 0.01%. Погонное затухание в дождевых образованиях определяется по формуле

$$\gamma_{\text{д}} = \beta J^{\alpha}, \text{дБ/км}, \quad (10)$$

где J - интенсивность осадков (мм/час),

β и α - коэффициенты, которые определяются из таблицы 7.

В таблице 7 приведены две группы коэффициентов для вертикальной и горизонтальной поляризации радиоволн. Расчет нужно провести для обеих поляризаций с тем, чтобы в дальнейшем выбрать лучшие результаты.

Таблица 7- Коэффициенты для вертикальной и горизонтальной поляризации

$f, \text{ГГц}$	$\alpha_{\text{г}}$	$\beta_{\text{г}}$	$\alpha_{\text{в}}$	$\beta_{\text{в}}$
10	1.276	0.0101	1.264	0.009
12	1.217	0.019	1.200	0.017
15	1.154	0.037	1.128	0.034
18	1.121	0.058	1.088	0.053
23	1.076	0.104	1.046	0.093
25	1.061	0.124	1.030	0.113
27	1.041	0.151	1.017	0.135
30	1.021	0.187	1.000	0.167
35	0.979	0.283	0.963	0.233
38	0.954	0.310	0.944	0.276
40	0.939	0.350	0.929	0.510

Известно, что протяженность дождевых образований различная для дождей разной интенсивности. Чем сильнее дождь, тем меньшую поверхность он покрывает. Эффективная протяженность дождевого образования

$$R_{эфф} = \frac{R_0}{1 + \frac{R_0}{35 \exp(-0,015 J_{0,01})}}, \text{ км}, \quad (11)$$

где $J_{0,01}$ - интенсивность дождя, который идет в данной местности в течение 0.01% времени. Эта величина определяется из таблицы (Приложение 6).

Ослабление сигнала, к которому приводит дождь данной интенсивности:

$$A_{0,01} = \gamma_d * R_{эфф}, \text{ дБ}; \quad (12)$$

Процент времени T_d , в течение которого уровень сигнала на входе приемника на пролете линии связи станет меньше порогового значения для коэффициента ошибок 10^{-3} (что соответствует составляющей показателя неготовности линии связи) определяется выражением

$$T_d = 10 \left[\frac{-0,546 + \sqrt{0,298 - 0,172 \lg \left(\frac{M_3}{0,12 A_{0,01}} \right)}}{0,086} \right], \%. \quad (13)$$

Полученное значение должно удовлетворять условию

$$T_d \leq \text{ПНГ}i/3, \quad (14)$$

где ПНГ_i - величина неготовности *i*-го интервала, которая в курсовом проектировании определяется из нормы ПНГ (таблицы 5) пропорционально протяженностям пролетов *R*₀₁ и *R*₀₂

$$\text{ПНГ}_i \leq \text{ПНГ} [R_{0i} / (R_{01} + R_{02})] \quad (15)$$

При выполнении этого неравенства считается, что по показателям неготовности данный интервал соответствует норме. В противном случае нужно повторить расчеты для других параметров аппаратуры с целью достижения результата.

3.7 Расчет показателей качества по ошибкам

Показатели качества по ошибкам (ПКО) связаны с быстрыми замираниями на интервалах линии радиосвязи. Основная причина быстрых замираний (проходящих за доли секунд) - интерференция прямых и отраженных радиоволн, поступающих на вход приемников.

Вероятность появления гладких интерференционных замираний определяется в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т 338-4

$$P_{\text{инт}} = K_{\text{кл}} Q f^b R_0^d c, \quad \% \quad (16)$$

где *K*_{кл} - климатический фактор;

b, *c*, *d* - коэффициенты;

Q - фактор условий земной поверхности.

В разных климатических зонах наблюдаются весьма большие различия при выборе величин, входящих в формулу 14. Данные для их выбора приведены в таблицах 8, 9.

Таблица 8 - Районы

№	Район	Ккл	b	d
1	Сухопутные районы России	$4.1 \cdot 10^{-4}$	1.5	2
2	Приморские районы и районы, расположенные непосредственно вблизи водохранилищ, крупных рек и других водных массивов России	$2 \cdot 10^{-3}$	1.5	2
3	Северо-запад России и Санкт-Петербург	$4.1 \cdot 10^{-4}$	1.5	2
4	Западная Европа	$1.4 \cdot 10^{-6}$	1	3.5
5	Скандинавия	$6.8 \cdot 10^{-5}$	1	3

Таблица 9 - Климат

№	Климат	c
1	Сухой	0,5
2	Умеренный	1
3	Жаркий, влажный климат или умеренный климат в прибрежных районах	2
4	Прибрежные районы с жарким, влажным климатом	4

Фактор влияния условий земной поверхности Q , учитывающий наличие отраженных волн от поверхности Земли, принимается равным единице, если пролет можно отнести к разряду пересеченных. К ним относятся пролеты, в которых отражением от поверхности можно пренебречь при следующих условиях:

- при неровностях поверхности отражения волн, превышающих величину $H\phi 1$;

-при экранировании отраженной волны;

-при малых значениях коэффициентов отражения (например, в случае отражении от поверхности леса). В случае если отраженной волной нельзя

пренебречь, параметр Q – фактор условий земной поверхности, можно принять $=1$ т.к. существует экранирование отраженной волны. Расчетное значение параметра

$$\text{СПС}_{\text{расч}} = R_{\text{инт}} 10^{-0.1 M^3}, \%, \quad (17)$$

Полученные в результате расчета величины сравниваются с нормами, рассчитанными по аналогии с (13), где вместо ПНГ подставляются величины СПС (таблица 6). При невыполнении норм, необходимо все пересчитать, задаваясь другими параметрами аппаратуры и антенно-фидерного тракта.

3.8 Окончательный выбор типа аппаратуры и характеристик АФТ.

Построение диаграммы уровней на пролете

В процессе расчета ПНГ и СПС уточняются параметры антенн и аппаратуры и перед выполнением этого раздела курсового проекта должен быть сделан окончательный выбор. Затем, нужно построить диаграмму уровней для одного из пролетов по аналогии с рисунком 5.

Заключение

В заключение работы проводится анализ полученных результатов, выписываются выбранные и рассчитанные параметры, и строится результирующая диаграмма высот антенн на пролетах. Указываются достоинства и недостатки применимой радиорелейной линии. Пример подобной диаграммы приведен на рисунке 6 (числовые значения условны).

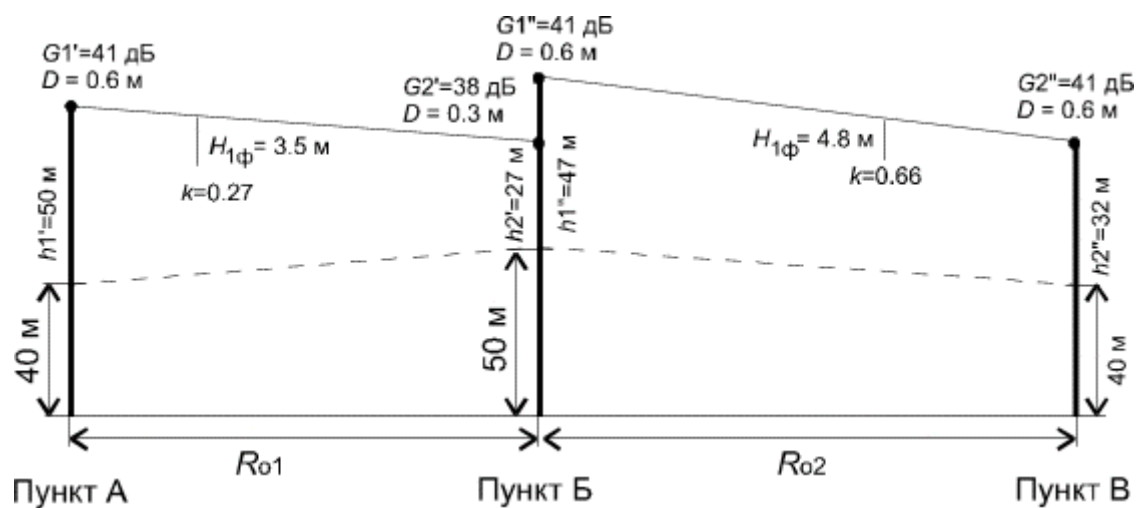


Рисунок 5 - Диаграмма уровней высот антенн на пролетах

Список использованных источников

1. З. А. Зима, И. А. Колпаков, А. А. Романов, М. Ф. Тюхин, «Системы кабельного телевидения». – Издательство МГТУ им. Н. Э .Баумана, Москва, 2004 г.
2. С. В. Волков, «Сети кабельного телевидения». – М.: Горячая линия-Телеком, 2004 г. – 616 с.
3. Гомзин В. Н., Лобач В. С., Морозов В. А. Расчет параметров цифровых РРЛ, работающих в диапазонах частот выше 10 ГГц / СПбГУТ, 2017.
4. Немировский А.С., Данилович О.С. и др. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. - М.: Радио и связь, 2019.
5. Немировский А.С. и др. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. - М.: Радио и связь, 2009.
6. Данилович О.С. и др. Методические указания к расчету устойчивости работы РРЛ прямой видимости / ЛЭИС.-Л., 1987
7. Скорик О.В. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу МДК 01.02. Технология монтажа и обслуживания оборудования направляющих систем радио и оптической связи, 2020.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1А - Типы аппаратуры цифровых РРЛ

Аппаратура	Фирма	f , ГГц	$P_{пд}$, дБм	Модуляция	Скорость, Мбит/с	$P_{пор}$ (10^{-3}), дБм
Эриком - 11	Россия	10.7-11.7	16	ЧММС	2 8	- 86 - 83
Радан - 2	Россия	10.7-11.7	17	ЧМ	1	- 78
Радан-МГ-120/480	Россия	10.7-11.7	18.5	ММС	34	- 73
Радан-МГ-11-120	Россия	10.7-11.7	18.5	ММС	8	- 87
Радан-МС-11-15/30	Россия	10.7-11.7	18	ЧМ	2	- 87
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	10.75- 11.25	24	128 QAM	STM-1	- 70*
МИК-РЛ11	Микран, Россия	10.7-11.7	28.5	QPSK	2 8 34	- 90 - 86 - 81
SRA 1/1S	Siemens	12.7-13.3	22.5	32 TCM	STM-0	- 80.5
NL 183	Nera	12.7-13.3	24	4ОФМ	8	- 88
Бист-13	Россия	12.7-13.3	10 - 26	-	2 8 16	- 90 - 87 - 78
PASOLINK + (13)	NEC Япония	12.7-13.3	16.5 16.5 19.5 19.5	128 QAM(RS) 32 QAM(RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 70 - 80 - 86.5 - 83.5
PASOLINK 13	NEC Япония	12.7-13.3	23 23 20 20	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 92.5 - 89.5 - 83.5 - 80.5
SAGEM/LINK	Россия	12.7-13.2	22	QPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2 (34)	- 98 - 95 - 93 - 89
Nateks-Mikrolink	НТЦ Натекс, Россия	12.75-13.25	20	QPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2 (34)	- 92 - 89 - 87 - 84
FlexyHopper	Nokia	12.7-13.3	20	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2	- 93 - 90 - 87 - 84
Nateks-Mikrolink	НТЦ Натекс,	12.75-	18	128 QAM	STM-1	- 70*

SDH	Россия	13.25				
МИК-РЛ13	Микран, Россия	12,75 - 13,25	28.5	QPSK	2 8 34	- 90 - 86 - 81
FlexyHopper	Nokia	14.5-15.3	20	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2	- 93 - 90 - 87 - 84
SRA 1/1S	Siemens	14.5-15.3	21.5	32 TCM	STM-0	- 80
Nateks-Mikrolink	НТЦ Натекс, Россия	14.5-15.3	16	QPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2 (34)	- 92 - 89 - 87 - 84
NL 185	Nera	14.5-15.3	21	4ОФМ	8	- 88
Радиан-15	Радиан СПб	14.5-15.3	20 (26)	-	2 8 16 34	- 89 - 86 - 83 - 80
Радиус-15	Радиус-2 Москва	14.5-15.3	23	QPSK	2	- 87
MINI-LINK 15-C	Ericsson Швеция	14.5-15.3	18 (25)	4FSK	2 8 16 34	- 93 - 87 - 84 - 81
MINI-LINK 15-E (Микро) MINI-LINK 15-E	Ericsson Швеция	14.5-15.3	18 (25)	C-QPSK	2 4 8 16 34	- 94 - 91 - 88 - 85 - 82
PASOLINK 15	NEC Япония	14.5-15.3	23 23 20 20	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 92.5 - 89.5 - 84 - 81
PASOLINK ⁺ (15)	NEC Япония	14.5-15.3	16.5 17 20 20	128 QAM(RS) 32 QAM(RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 70 - 80.5 - 87 - 84
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	14.4- 15.35	18	128 QAM	STM-1	- 70*
МИК-РЛ15	Микран, Россия	14,4 - 15,35	19.5	QPSK	2 8 34	- 90 - 86 - 81
FlexyHopper 18	Nokia	17.7-19.7	18	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2	- 93 - 90 - 87

					16 x 2	- 84
Nateks-Mikrolink	НТЦ Натекс, Россия	17.7-19.7	16	QPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2 (34)	- 92 - 89 - 87 - 84
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	17.7-19.7	17	128 QAM	STM-1	- 70*
MINI-LINK 18-E (Микро) MINI-LINK 18-E	Ericsson Швеция	17.7-19.7	18 (23)	C-QPSK	2 4 8 16 34	- 94 - 91 - 88 - 85 - 82
PASOLINK 18	NEC Япония	17.7-19.7	23 23 20 20	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 93 - 90 - 84 - 81
PASOLINK + (18)	NEC Япония	17.7-19.7	18 15 17 20 20	32 MLCM 128 QAM (RS) 32 QAM (RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 80 - 71.5 - 80 - 87 - 84
CITYLINK 155 32 TCM/18	Nera	17.7-19.7	17 (21)	32 TCM	STM-1	- 73
МИК-РЛ18	Микран, Россия	17.7-19.7	25.5	QPSK	2 8 34	- 90 - 86 - 81
Радан-23	Радан СПб	21.2-23.6	25	-	2 8 16 34	- 87 - 84 - 81 - 78
MINI-LINK 23-C	Ericsson Швеция	21.2-23.6	20	4FSK	2 4 8 16	- 92 - 86 - 83 - 80
CITYLINK 155 32 TCM/23	Nera	21.2-23.6	16.5	32 TCM	STM-1	-72.5
MINI-LINK 23-E (Микро) MINI-LINK 23-E	Ericsson Швеция	21.2-23.6	20	C-QPSK	2 4 8 16 34	- 93 - 90 - 87 - 84 - 81
PASOLINK 23	NEC Япония	21.2-23.6	23 23 20 20	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 90.5 - 87.5 - 83 - 80

PASOLINK ⁺ (23)	NEC Япония	21.2-23.6	18 15 17 20 20	32 MLCM 128 QAM (RS) 32 QAM (RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 80 - 71.5 - 80 - 87 - 84
Galaxy 23	Harris, USA	21.2-23.6	19	32 TCM	STM-1	- 76
FlexyHopper 23	Nokia	21.2-23.6	18	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2	- 93 - 90 - 84 - 81
МИК-РЛ23Р	Микран, Россия	21,2...23,6	20, 23	QPSK	2 8 34	
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	22.0-22.6 23.0-23.6	17	128 QAM	STM-1	- 70*
Galaxy 26	Harris, USA	24.3-26.5	19	32 TCM	STM-1	-76
MINI-LINK 26-C	Ericsson Швеция	24.3-26.5	10, 19	4FSK	2 4 8 16	- 88 - 85 - 82 - 79
MINI-LINK 26-E (Микро) MINI-LINK 26-E	Ericsson Швеция	24.3-26.5	10, 18	C-QPSK	2 4 8 16 34	- 91 - 88 - 85 - 82 - 79
PASOLINK 26	NEC Япония	24.3-26.5	20 20 19 19	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 90 - 87 -82 -79
PASOLINK ⁺ (26)	NEC Япония	24.3-26.5	17 14 16 19 19	32 MLCM 128 QAM (RS) 32 QAM (RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 79.5 - 71 - 79.5 - 86 - 83
FlexyHopper 26	Nokia	24.3-26.5	18	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2	- 92 - 89 - 86 - 83
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	24.5-26.5	17	128 QAM	STM-1	- 70*
Перевал Перевал-2	ГРПЗ Россия	37-39.5	21 25	-	2 8	- 73 - 70

Galaxy 38	Harris, USA	37-39.5	16.5	32 TCM	STM-1	-74.5
MINI-LINK 38-C	Ericsson Швеция	37-39.5	15	4FSK	2 4 8 16	- 87 - 81 - 78 - 75
MINI-LINK 38-E (Микро) MINI-LINK 38-E	Ericsson Швеция	37-39.5	15	C-QPSK	2 4 8 16 34	-88 - 85 - 82 - 79 - 76
PASOLINK 38	NEC Япония	37-39.5	16 16 15.5 15.5	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 89 - 86 -81 -78
PASOLINK + (38)	NEC Япония	37-39.5	13.5 12.5 15.5 15.5	32 MLCM 32 QAM (RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 78 - 78.5 - 85 - 82
FlexyHopper 38	Nokia	37-39.5	16	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2	- 90 - 89 - 86 - 83
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	37.0-39.5	15	128 QAM	STM-1	- 70*
Бист	Бист Россия	37-39.5	18	2PSK QPSK QPSK 8 PSK	2 8 34 51	- 87 - 84 - 75 - 69
Sandra-3	Россия	92-95	10	ОФМ-2	10	- 76

Таблица 2А - Технические данные основных типов радиорелейной аппаратуры

Тип аппаратуры	Полоса частот, МГц	Число рабочих и резервных стволов	Вид передаваемой информации	Число каналов ТЧ в ТФ стволе	Мощность передатчика, Вт	Коэффициент шума приемника, дБ	Мощность, потребляемая одним приемопередатчиком, Вт
Р-600М	3400...3900	2+1	ТФ и ТВ	360	2	14	800
Р-6002М	3400...3900	2+1	ТФ и ТВ	600	5	14	350
«Рассвет-2»	3400...3900	3+1	ТФ и ТВ	600	5	14	350
«Восход»	3400...3900	(1+1) X 4	ТФ и ТВ	1320	10	10	300
КУРС-4	3400...3900	3+1 или 7+1	ТФ и ТВ	720	0,5	10	145
						4,5	15/35/55
«Радуга-4»	3400...3900	3+1 или 7+1	ТФ и ТВ	1920	0,5/2/4		230
	и пи 3700...4200	7+1					
КУРС-6	5670...6170	3+1 или 7+1	ТФ и ТВ	1320	10		
«Электроника							60/80
-Связь-6-1»	5670...6170	3+1	ТФ и ТВ	1020/1920	1/3	4,5	
КУРС-2М	1700...2100	2+1	ТФ и ТВ	300	1,5	7	90
РС-8-О	7900...8400	1+0	ТФ	300	0,4	9	85
КУРС-8-ОТ	7900...8400	1+0	ТВ	—	0,4	9	85
КУРС-8-ОУ	7900...8400	1 + 1 или					
		2+1 или					85
		3+1	ТФ и ТВ	300	0,35	9	
КУРС-8-02	7900...8400	1+0	ТФ	300	0,5	8,5	45
Примечание. ТФ — телефония, ТВ — телевидение.							

Таблица 3А - Основные технические характеристики отечественных радиорелейных систем

Параметр	Р-600	Р-600М	Р-6002М	"Рассвет-2"	"Восход"	"Восход-М"	КУРС-2М	КУРС-4	КУРС-6	КУРС-8	"Область-1"
Диапазон частот, ГГц	3,4-3,9	3,4-3,9	3,4-3,9	3,4-3,9	3,4-3,9	3,4-3,9	1,7-2,1	3,4-3,9	5,67-6,17	7,9-8,4	7,9-8,4
Средняя длина волны, см	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	15,8	8,2	5,07	3,7	3,7
Система резервирования	2+1	По участковая 2+1		3+1	По станционная с разнесенным по высоте приемом четырех рабочих стволов		2+1	По участковая 3+1 и 7+1 или 6+2		3+1	Без резерва 1 ствол ТФ
Мощность передатчика, Вт (дБВт)	2(3)	2(3)	5(7)	5(7)	10(10)	10(10)	1,5(1,75)	0,5(-3)	10(10)	0,3(-5,2)	0,4(-4)
Коэффициент шума, ед. (дБ)	35(15,4)	25(14)	25(14)	25(14)	16(12)	10(10)	8(9)	8(9)	10(10)	10(10)	8(9)
Ширина полосы пропускания приемника, МГц	35	35	38	38	40	40	30	40	40	40	15
Число каналов ТЧ	240	360	600	600	1020/1320	1320/1920	300	720	1320	300	300
Верхняя частота линейного спектра, кГц	1032	1540	2596	2596	4636/5932	5932/8524	1300	3340	5932	1300	1300
Девияция частоты на канал, кГц эфф.	200	200	200	200	200/140	140	200	200	140	200	200
Уровень включения ЗГ, пВт/дБВт	500/-97	300/-95	100/-100	100/-100	250/-96	100/-100	25/-106	25/-106	25/-106	25/-106	6,3/-112
Коэффициент системы, дБ: ТФ ТВ	148,9 145,9	146,8 147,4	146,3 151,4	146,3 151,4	146,3/ 141,1 156/4	143,1/140 158,4	152,1 151,2	139 146,4	143 158	144,1 143,4	146,3 -
Длина гипотетической линии, км, для которой $S_{\max} = 0,1\%$ времени: ТФ ТВ	2500 2500	2500 2500	2500 2500	2500 2500	2500 2500	2500 2500	1400 600	2500 2500	2500 2500	1400 600	-

Таблица 4А- Основные технические характеристики отечественных радиорелейных систем

Параметр	КУРС- 2М-2	КУРС- 4М	КУРС-8-0 ("Область")	КУРС- 8-0У	КУРС- 8-0Т	КУРС- 8-02	"Эл. Связь- 2А"	"Эл. Связь- 2Б"	"Эл. Связь- 4А"	"Эл. Связь- 4Б"	"Эл. Связь- 6А"	"Эл. Связь- 6Б"	"Эл. Связь- 8А"
Диапазон частот, ГГц	1,7-2,1	3,4-3,9	7,9-8,4	7,9-8,4	7,9-8,4	7,9-8,4	1,7-2,1	1,7-2,1	3,4-3,9	3,4-3,9	5,67- 6,17	5,67- 6,17	7,9-8,4
Средняя длина волны, см	15,8	8,2	3,7	3,7	3,7	3,7	15,8	15,8	8,2	8,2	5,07	5,07	3,7
Система резервирования	3+1	3+1 6+2 7+1	Без резерва	3+1 6+2 7+1	Без резерва	Без резерва	2+1	2+1	3+1	3+1	3+1	3+1	3+1
Мощность передатчика, Вт (дБВт)	1,6(2) 0,4(-4)	1(0)	0,4(-4)	0,4(-4)	0,4(-4)	0,5(-3)	12,5(4)	12(10,8)	1,2(0,8)	6(7,8)	3(4,8) 1(0)	3,5(5,4)	0,6(- 2,2)
Коэффициент шума, ед. (дБ)	4,5(6,5)	2,6(4,5)	7,4(8,7)	7,4(8,7)	7,4(8,7)	7,1(8,5)	6,8	6,8	6	6	2,8(4,5)	5	5
Ширина полосы пропускания приемника, МГц	32	40	15	40	40	15					40		
Число каналов ТЧ	300 720	1020	300	300	-	300	720	1320	1020	1920	1020	1920	300
Верхняя частота линейного спектра, кГц	1300 3340	4636	1300	1300	-	1300	3340	5932	4636	8524	8524 4636 140	8524	1300
Девияция частоты на канал, кГц эфф.	200	200	200	200	-	200	200	200	200	200	200	200	200
Уровень включения ЗГ, пВт/дБВт	5/-113	25/-106	2,5/-116	10/-110	10/-110	2,5/ -116	2,5/ -116	2,5/ -116	2,5/ -116	25/ -116	2,5/ -106	2,5/ -116	2,5/ -116
Коэффициент системы, дБ: ТФ	154,8 148,8 146,6	139,1	146,6	146,6	-	147,8	146	146	146	146	140,3 143,8	140,5	147
ТВ	153,9 147,9		-	145,7	145,7						158,7 153,9		
Длина гипотетической линии, км, для которой S _{max} =0,1% времени: ТФ	2500	1400	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
ТВ	-	-	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500

Таблица 5А- Основные технические характеристики отечественных радиорелейных систем

Параметр	"Эл. Связь-8Б"	"Эл. Связь-11"	"Трал 400/24"	"Трал-8-60/120"	ГТТ-70-4000/1920	ГТТ-70-6000/1920	ГТТ-70-8000/960	"Радуга-4"	"Радуга-6"	"Радуга-8"
Диапазон частот, ГГц	7,9-8,4		0,39-0,47	7,9-8,4	3,4-3,9	5,67-6,17	7,9-8,4	3,4-3,9	5,67-6,17	7,9-8,4
Средняя длина волны, см			70	3,7	8,2	5,07	3,7	8,2	5,07	3,7
Система резервирования	3+1	3+1	Постанционная или 1+1 с частотным разносом 22,32МГц	1+1 на каждом интервале, частотный разнос 112МГц	3+1 6+2 7+1	3+1 6+2 7+1	3+1	n+1, где n=1÷7	n+1, где n=1÷7	3+1 6+2 7+1
Мощность передатчика, Вт (дБВт)	2,5(4)	1(0)	3/10(4,8/10)	0,3(-5,2)	15(11,7)	10(10)	0,6(-2,2)	0,5(-3) 2(3) 4(6)	1(0) 3(4,8)	0,6(-2,2) 0,3(-5,2) 0,1(-10)
Коэффициент шума, ед. (дБ)			5(7)	8(9)	5,6(7,5)	6,3(8)	5(7)	2,8(4,5)	2,8(4,5)	7,4(8,7)
Ширина полосы пропускания приемника, МГц			1,6	12	40	40	30	40	40	40
Число каналов ТЧ	720	300	24	60/120	1920	1920	960	1920	1920	300 720 1300
Верхняя частота линейного спектра, кГц			108	252/552	8524	8524	4028	3424	3524	4340
Девияция частоты на канал, кГц эфф.	200	200	50	200	140	140	200	140	140	200
Уровень включения ЗГ, пВт/дБВт	2,5/-116	2,5/-116	0,25/-126	2,5/116	10/-110	10/-110	16/-108	25/-106	25/-106	10/-110
Коэффициент системы, дБ: ТФ			166,6/171,8	159,3/152,5	144,2	142	140,3	132,5 138,5 141,5	150,9 156,9 159,9	148,4 145,4 140,6 141,2
ТВ			-	-	162,6	160,4	149,2	135,5 140,3	153,9 158,7	147,5 144,5 139,7
Длина гипотетической линии, км, для которой S _{max} =0,1% времени:										
ТФ	2500	2500	800	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
ТВ	2500	2500	-	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500

Технические характеристики РРС семейства “Радан”				
Тип РРС	Диапазон, ГГц	Излучаемая мощность, дБм	Чувствительность приемника при BER=10 ⁻⁶ , дБм	Номер сертификата Минсвязи
“Радан-4”	3,4-4,2	До 30 дБм	-82 (34Мбит/с) -72 (105Мбит/с) -67 (155Мбит/с)	<u>ОС-1-PPC-0520</u>
“Радан-5”	4,4-5,0			<u>ОС-1-PPC-0520</u>
“Радан-6”	5,67-6,17 5,925-6,425			<u>ОС-1-PPC-0520</u>
“Радан-7”	7,25-7,55	До 27 дБм	-82 (34Мбит/с) -72 (105Мбит/с) -67 (155Мбит/с)	<u>ОС-2-PPC-0664</u>
“Радан-8”	7,9-8,4			<u>ОС-2-PPC-0665</u>
“Радан-11”	10,7-11,7	До 27 дБм	-82 (34Мбит/с) -72 (105Мбит/с) -67 (155Мбит/с)	<u>ОС-2-PPC-0666</u>
“Радан-13”	12,75-13,25			<u>ОС-2-PPC-0667</u>
“Радан-15”	14,4-15,35	До 27 дБм	-82 (34Мбит/с) -72 (105Мбит/с) -67 (155Мбит/с)	<u>ОС-1-PPC-0520</u>
“Радан-18”	17,9-19,9	До 25 дБм	-80 (34Мбит/с) -71 (105Мбит/с) -66 (155Мбит/с)	<u>ОС-1-PPC-0520</u>
“Радан-23”	21,2-23,6			<u>ОС-1-PPC-0520</u>
“Радан-38”	37,0-39,5	До 23 дБм	-79 (34Мбит/с) -69 (105Мбит/с) -64 (155Мбит/с)	<u>ОС-2-PPC-0668</u>

Таблица 6А -Основные параметры антенн РРЛ

Тип антенны		РПА-2П	РПА-2	АДЭ-1	АДЭ-3,5	АДЭ-5	АМД-1,75	АМД-2,5 АДЭ-2,5	ПАС
Параметры									
Коэффициент усиления G дБ в диапазоне ГГц	2	-	-	-	35	37,9	-	-	37
	4	38	39,5	-	40,7	43,5	-	-	40
	6	41	43	-	44,8	-	38	43	43
	8	-	-	34	-	-	41	45	44
	11	-	-	38	-	-	44	-	-
Коэф. защитного действия M _з дБ в диапазоне ГГц	2	-	-	-	-50	-52	-	-	-45
	4	-68	-70	-	-54	-56	-	-	-50
	6	-72	-74	-	-55	-	-50	-44	-52
	8	-	-	-40	-	-	-52	-48	-54
	11	-	-	-48	-	-	-54	-	-
КПП		0,7	0,8	0,7	0,68	0,7	0,65	0,7	0,72
КСВ		1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,1

Тема курсового проекта: **Проектирование цифровой радиорелейной линии**

Таблица 1Б - Общие данные для курсового проекта (гр.3-Р-1 2020г)

№ п/п	Фамилия И.О.	Тема курсового проекта	Вариант задания
1	Бабак М.В.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	1
2	Бурухин В.В.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	2
3	Ветошкин Б.С.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	3
4	Гребнев Д.В.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	4
5	Иванов А.М.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	5
6	Игнатенко У.Р.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	6
7	Климушина Н.А.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	7
8	Кононенко Д.С.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	8
9	Коробов Д.Д.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	9
10	Краснов Д.А.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	10
11	Кулиш М.Н.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	11
12	Курышко Д.С.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	12
13	Мамедов А.В.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	13
14	Пучкова А.П.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	14
15	Рябинин А.И.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	15
16	Спиридонова П.А.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	16
17	Сюваткина А.Н.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	17
18	Токарев Д.А.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	18
19	Трошин Р.В.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	19
20	Труфманова Д.С.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	20

21	Хайловский М.С.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	21
22	Хохлова О.Д.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	22
23	Цыганова К.Ю.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	23
24	Ярошенко А.Г.	Проектирование цифровой радиорелейной линии	24

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)

Таблица 1 Б - Общие данные для курсового проекта

Номер по журналу	V, Мбит/с	Качество	R0 мин, км
01	2	среднее, 2 класс	18
02	2	локальное	12
03	8	среднее, 4 класс	10
04	16	локальное	35
05	34	локальное	11
06	2	среднее, 2 класс	20
07	16	локальное	16
08	8	среднее, 3 класс	10
09	16	локальное	20
10	34	локальное	14
11	2	среднее, 2 класс	25
12	16	локальное	14
13	8	среднее, 4 класс	19
14	16	локальное	15
15	34	среднее, 4 класс	10
16	2	локальное	12
17	34	среднее, 4 класс	18
18	8	среднее, 1 класс	9
19	16	локальное	19
20	34	среднее, 4 класс	20
21	2	среднее, 1 класс	10
22	16	локальное	17
23	8	среднее, 3 класс	30
24	16	локальное	16

V округленное значение скорости цифрового потока в ЦРРЛ,
R0 - средняя протяженность интервала

Выбор данных для построения профилей интервалов

Таблица 2Б - Отметки высот профиля номер 1

Номер по журналу	Высотные отметки профиля (м) для относительной координаты K										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0
01	40	35	25	40	35	60	55	50	0	50	60
02	20	15	15	20	40	40	20	0	0	20	30
03	60	50	45	55	60	40	50	30	30	50	55
04	10	5	20	40	40	35	40	45	50	30	65
05	60	50	60	60	60	40	50	60	40	20	40
06	20	30	20	20	30	40	50	70	60	50	70
07	70	60	60	70	70	60	50	70	60	50	60
08	30	30	40	50	40	20	20	0	20	30	40
09	50	40	40	30	40	40	40	50	40	30	25
10	25	20	10	0	10	20	40	40	30	40	35
11	15	5	0	0	20	40	40	50	50	40	40
12	40	30	10	0	15	25	20	10	20	20	15
13	70	50	50	40	50	50	50	40	30	40	40
14	30	30	40	50	40	30	40	30	40	30	40
15	50	60	40	40	30	30	20	30	20	20	40
16	20	10	20	30	40	30	40	40	35	40	40
17	55	50	40	40	30	20	0	20	40	30	35
18	80	70	80	90	90	70	60	60	70	60	70
19	35	40	20	20	30	40	40	60	60	60	65
20	20	15	10	20	40	40	40	30	20	20	30
21	40	30	10	0	10	25	20	10	25	20	15
22	30	20	40	50	30	30	40	30	40	30	40
23	60	40	60	60	50	40	50	60	40	20	40
24	30	30	20	20	30	40	60	70	60	50	70
25	60	50	50	40	60	50	50	40	30	30	40
26	30	40	40	50	50	30	40	30	40	30	40
27	40	50	60	50	60	40	50	60	50	20	40
28	20	30	20	20	40	40	50	70	60	50	70
29	70	70	60	70	70	60	50	70	60	50	60
30	40	40	20	20	30	40	40	60	50	60	65

Таблица 3Б - Отметки высот профиля номер 2

Номер по журналу	Высотные отметки профиля (м) для относительной координаты <i>K</i>										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
01	60	40	20	40	35	20	50	40	10	50	40
02	30	15	15	0	20	30	20	20	20	20	30
03	55	40	40	50	50	40	50	30	30	50	50
04	65	5	20	40	40	35	40	45	50	30	30
05	40	50	60	60	60	40	50	60	40	20	50
06	70	60	40	50	50	40	50	50	40	50	50
07	60	60	60	50	40	40	50	50	40	50	40
08	40	30	40	50	40	40	20	20	20	30	30
09	25	40	40	30	40	40	50	50	40	30	55
10	35	20	30	20	30	20	40	40	30	40	35
11	40	30	40	40	30	20	0	20	40	30	30
12	15	30	10	20	30	40	20	40	20	40	40
13	40	40	30	40	50	50	50	40	60	40	60
14	40	30	40	50	60	50	40	50	60	60	70
15	40	30	40	40	30	10	20	30	20	20	20
16	40	20	20	30	40	30	40	20	15	40	40
17	35	20	40	40	30	30	30	50	40	50	55
18	70	70	50	60	60	70	60	60	40	50	40
19	65	40	50	40	30	20	40	30	40	40	45
20	30	30	20	40	30	40	20	30	20	10	30
21	15	25	20	40	30	35	40	45	50	30	30
22	40	50	50	60	60	40	50	60	40	30	50
23	70	50	40	50	50	40	50	50	40	60	50
24	40	40	40	50	60	50	50	50	60	60	70
25	40	30	30	40	30	10	20	30	20	30	20
26	40	20	30	30	40	30	40	20	25	40	40
27	30	25	15	0	20	30	30	20	20	20	30
28	55	50	40	50	50	40	50	40	30	50	50
29	65	5	10	30	40	35	40	45	50	30	30
30	40	50	60	60	50	40	50	60	40	30	50

Таблица 4Б - Параметры местных предметов профиля номер 1

Номер по журналу	№ МП	k1	k2	h, м	Вид МП
01,21	1	0.2	0.6	20	лес
	2	0.9	1.0	14	строения
02	1	0.3	0.4	30	лес
	2	0.6	0.8	20	лес
03	1	0.4	0.9	30	лес
	2	0.9	1.0	15	строения
04	1	0.2	0.4	20	лес
	2	0.7	0.8	6	строения
05, 25	1	0.1	0.5	25	лес
	2	0.8	0.9	16	строения
06	1	0	0.6	30	лес
	2	0.9	1.0	30	строения
07	1	0.1	0.3	15	лес
	2	0.9	1.0	20	строения
08	1	0.1	0.3	15	лес
	2	0.7	1.0	25	лес
09, 29	1	0	0.1	20	строения
	2	0.6	0.9	25	лес
10	1	0.1	0.2	9	строения
	2	0.2	0.7	20	лес
11, 22	1	0.1	0.2	20	строения
	2	0.4	0.7	15	лес
12	1	0.3	0.4	15	строения
	2	0.6	0.9	30	лес
13,23	1	0	0.1	18	строения
	2	0.5	0.7	15	лес
14, 24	1	0.1	0.6	20	лес
	2	0.9	1.0	25	строения
15,27	1	0	0.7	20	лес
	2	0.8	1.0	20	строения
16, 26	1	0	0.1	25	строения
	2	0.4	1.0	20	лес
17	1	0.1	0.2	15	строения
	2	0.6	0.8	25	лес
18, 28	1	0.1	0.15	15	строения
	2	0.8	0.9	20	лес
19	1	0	0.5	6	строения
	2	0.4	0.9	20	лес
20,30	1	0	0.1	20	строения
	2	0.7	0.8	15	лес

Таблица 5Б - Параметры местных предметов профиля номер 2

Номер по журналу	№ МП	k1	k2	h, м	Вид МП
01	1	0	0.1	14	строения
	2	0.4	0.9	25	лес
02	1	0.1	0.6	30	лес
	2	0.6	0.8	20	лес
03	1	0	0.2	15	строения
	2	0.6	1.0	20	лес
04	1	0.1	0.7	20	лес
	2	0.7	0.8	10	строения
05	1	0.1	0.7	20	лес
	2	0.9	0.95	10	строения
06	1	0	0.05	30	строения
	2	0.5	0.8	25	лес
07	1	0	0.1	20	строения
	2	0.1	0.7	30	лес
08	1	0	0.3	25	лес
	2	0.7	1.0	30	лес
09	1	0	0.7	20	лес
	2	0.8	0.9	25	лес
10	1	0.4	0.5	6	строения
	2	0.5	0.8	25	лес
11,21	1	0	0.1	10	строения
	2	0.4	0.9	25	лес
12,22	1	0	0.1	15	строения
	2	0.1	0.5	20	лес
13,23	1	0	0.1	10	строения
	2	0.5	1.0	15	лес
14,24	1	0	0.1	25	строения
	2	0.4	1.0	15	лес
15,25	1	0	0.2	20	строения
	2	0.6	0.8	20	лес
16,26	1	0	0.4	25	лес
	2	0.4	0.5	15	лес
17,27	1	0	0.2	10	строения
	2	0.5	0.8	20	лес
18,28	1	0.1	0.5	25	лес
	2	0.8	0.9	10	строения
19,29	1	0	0.4	20	лес
	2	0.8	0.9	10	строения
20, 30	1	0.1	0.5	20	лес
	2	0.9	1.0	15	строения

Таблица 1В - Виды модуляции в цифровых системах связи

ЧМ - частотная модуляция ММС - модуляция с минимальным сдвигом 4ОФМ - четырехпозиционная относительная фазовая модуляция ОФМ-2 - двухпозиционная относительная фазовая модуляция 8 PSK - восьмипозиционная фазовая модуляция	4 FSK - четырехпозиционная частотная модуляция QPSK - квадратурная фазовая модуляция С-QPSK - квадратурная фазовая модуляция с постоянной огибающей (непрерывной фазой) $\pi/4$ DQPSK - квадратурная фазовая модуляция с относительным кодированием и сдвигом $\pi/4$	N QAM - N-позиционная квадратурная амплитудная модуляция N TCM - N-позиционная кодированная модуляция с решетчатым кодированием N MLCM - N-позиционная многоуровневая кодированная модуляция RS - код Рида-Соломона
---	---	---

Таблица 2В - Основные параметры некоторых видов модуляции
(данные на отношения сигнал/шум приближительны, так как они зависят от способа демодуляции, типа помехоустойчивого кодирования, фильтрации и пр.)

Вид модуляции	Тип модуляции	Сигнал/шум, дБ ($K_{\text{ош}}=10^{-6}$)	Δf_m
Двухпозиционная	ЧМ (2 ЧМ, FSK)	13.4	B
""	ФМ (2 ФМ, PSK)	10.5	B
Многопозиционная, классическая	4 ЧМ (4 FSK)	23.1	B/2
""	4 ФМ (4 PSK, QPSK)	13.5	B/2
""	8 ФМ (8 PSK)	18.8	B/3
""	16 КАМ (16 QAM)	20.5	B/4
""	64 КАМ(64 QAM)	26.5	B/6
""	256 КАМ (256 QAM)	32.6	B/8
Классическая модуляция с предкоррекцией ошибок (FEC)	16 КАМ (16 QAM) с FEC	17.6	$B(1+r)/4$
""	64 КАМ(64 QAM) с FEC	23.8	$B(1+r)/6$
Кодированная с расширением алфавита	32 TCM	17.6	B/4
""	128 TCM	23.6	B/6
Кодированная с увеличением скорости	16 MLCM	15.6	B/3.5
""	64 MLCM	21.7	B/5.5

Δf_m - полоса частот, занимаемая модулированным сигналом,

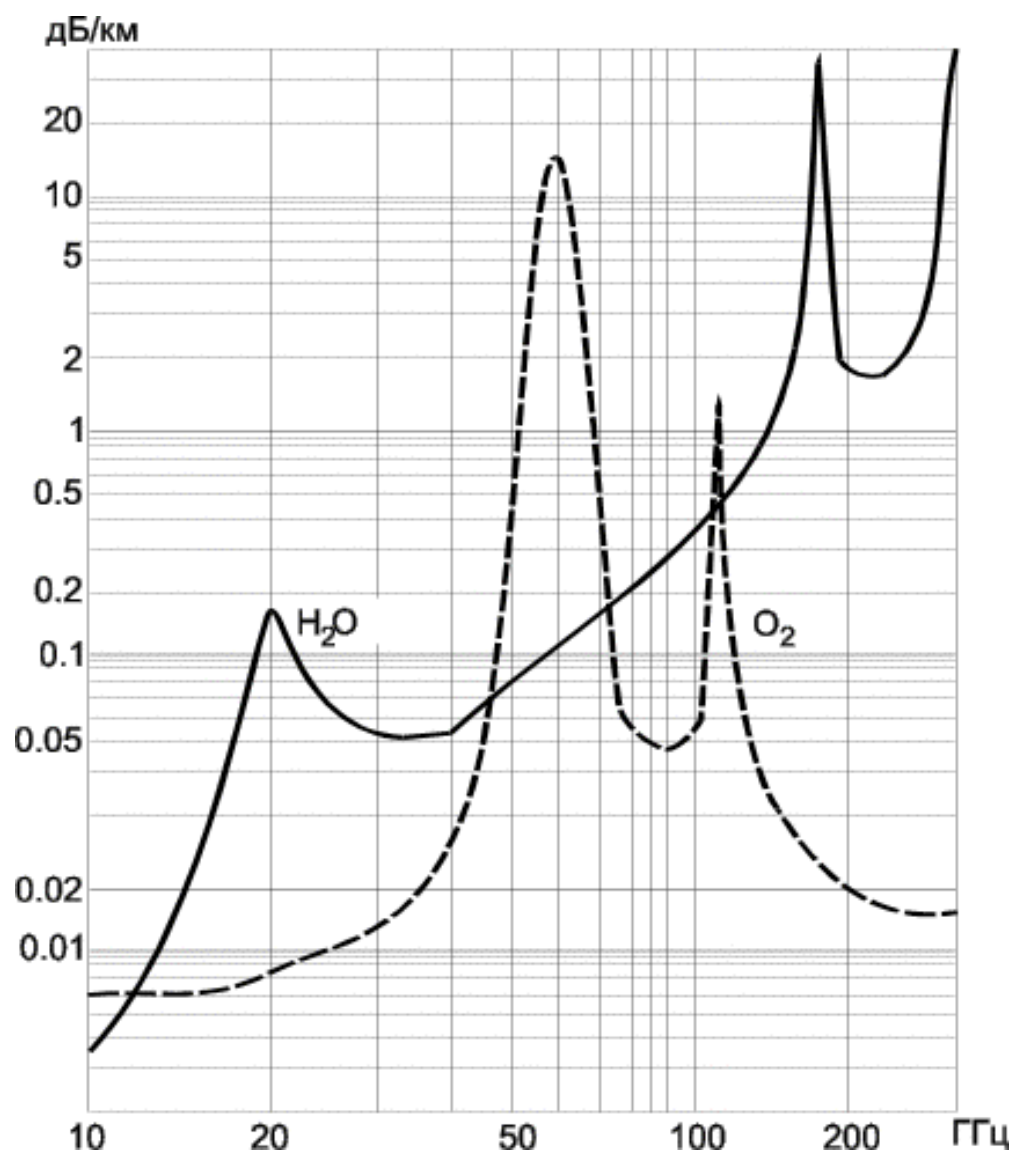
B - скорость цифрового потока,

r - избыточность помехоустойчивого кодирования.

STM-0 - синхронный транспортный модуль нулевого уровня (51.84 Мб/с)

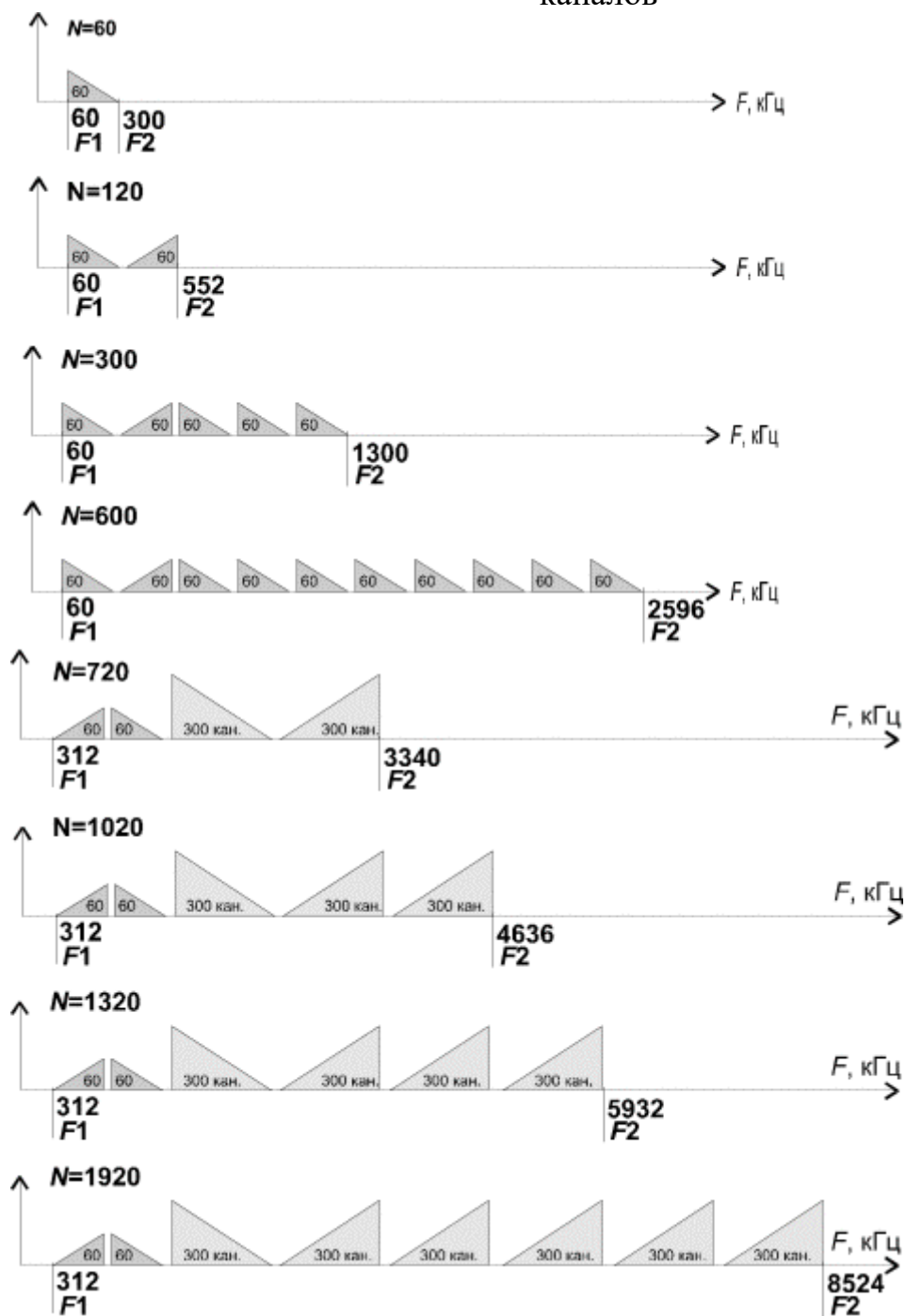
STM-1 - синхронный транспортный модуль первого уровня (155.52 Мб/с)

Погонные потери радиосигнала в газах атмосферы



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Линейные спектры многоканальных сигналов с частотным разделением каналов



Интенсивность дождя, идущего с вероятностью 0.01%

Районы России	<i>J</i> _{0.01} , мм/час
Карелия и Мурманская обл.	55
Архангельская обл	50
Ленинградская и Новгородская обл.	60
Центр европейской территории России	70
Северный Урал	45
Средний Урал, Пермская обл	80
Южный Урал и Приуралье	70
Прибайкалье, о. Сахалин	55
Юг европейской территории России	75
Северный Кавказ	100
Прикаспийская низменность	40
Западно-Сибирская низменность и Средне-Сибирское плоскогорье	55
Северо-Восток России	35
Прибайкалье и о. Сахалин	45
Камчатка	30

Обложка задания на курсовое проектирование

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ КРАСНОДАРСКОГО
КРАЯ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
«НОВОРОССИЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»
(ГБПОУ КК НКРП)

СОГЛАСОВАНО
УМО общепрофессиональных
и специальных дисциплин специальностей
11.02.02, 11.02.06, 11.02.10
(коды специальностей)
Протокол от ____ 20__ г. № ____
Председатель УМО В.В.Горшков

УТВЕРЖДЕНО
Зам. директора по учебной работе
____ Т.В.Трусова
____ 20__ г.

Задание

на курсовое проектирование по **МДК 01.02 .** Технология монтажа и
обслуживания оборудования направляющих систем радио и оптической
связи

студенту 3-го курса, группы 3-Р-1
Новороссийского колледжа радиоэлектронного приборостроения

Тема задания: **Проектирование цифровой радиорелейной линии**

Исходные данные: вариант № (см. Приложение)

При выполнении курсового проекта на указанную тему должны быть
представлены:

1. Пояснительная записка

Введение

1. Основная часть

1.1 Анализ данных, предварительный выбор типа аппаратуры и
параметров антенно-фидерного тракта (АФТ)

1.2 Выбор месторасположения станций и построение профилей
интервалов

1.3 Ориентировочный выбор высот подвеса антенн

1.4 Расчет норм на показатели неготовности и на показатели качества по ошибкам

1.5 Расчет запасов на замирания

1.6 Расчет показателей неготовности

1.7 Расчет показателей качества по ошибкам

1.8 Окончательный выбор типа аппаратуры и характеристик АФТ.

Построение диаграммы уровней на пролете

Заключение

Список используемой литературы

2.Графическая часть проекта

Содержит рисунки профилей интервалов при нулевой рефракции, рисунки профилей интервалов при нормальной рефракции и при субрефракции, диаграмма уровней на одном из интервалов, диаграмма высот подвеса антенн. Рисунки выполнены на формате А3. Количество листов от 2 до 4.

Дата выдачи _____

Срок окончания _____

Преподаватель - руководитель курсового проектирования _____

**Обложка пояснительной записки
курсового проекта**

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

11.02.10 Радиосвязь, радиовещание и телевидение

(наименование специальности)

**Титульный лист пояснительной записки
курсового проекта**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ КРАСНОДАРСКОГО
КРАЯ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
«НОВОРОССИЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»
(ГБПОУ КК НКРП)**

тема курсовой работы (проекта)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Оценка за пояснительную записку _____

Оценка за графическую часть _____

Оценка за защиту _____

Оценка общая _____

Студент _____ (номер и шифр группы)	Выполнил _____ (подпись) (фамилия, имя, отчество)
Руководитель _____ (подпись)	_____ (фамилия, имя, отчество)

ОТЗЫВ *
руководителя работы о качестве курсовой работы (проекта) студента

Фамилия, и. о. студента

Специальность

Наименование темы курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) заслуживает оценки

Фамилия, и. о. руководителя _____

Подпись _____

_____ 201 _ г.

С отзывом ознакомлен _____

						65	Лист
Изм.	Лист	№ докум. __	Подп. __	Дат			

Пример выполнения текстового документа
(ГОСТ 2.105-95)

ГОСТ 2.105—95

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Пример выполнения текстового документа

15
(Три-четыре интервала)

5

15-17
(5 ударов)

10
Два интервала

3

10
Два интервала

1 Осмотр и ремонт

1.1 Распылитель

1.1.1 Промыть пару "игла-распылитель"

1.1.2 Распылитель заменить при наличии:

а) трещин

б) коррозии

в) излома иглы

Примечание — При одиночной замене

1.1.3 Проверить

1.1.4 Закрепить в исходном положении

1.1.5 Износы и механические повреждения

Основная надпись по ГОСТ 2.104-68
(форма 2)

10

(Три-четыре интервала)

1.1.6

1.2 Корпус форсунки

1.2.1 Корпус форсунки заменить при наличии трещин

15

1.2.2

Примечания

1

2

Основная надпись по ГОСТ 2.104-68
(форма 2а)

Примечание: при выполнении курсовой работы (проекта) с использованием компьютера два интервала машинописного текста (8мм) соответствуют одному одинарному, а три-четыре (15мм) – двум одинарным интервалам. Согласно ГОСТ 2.105-95 подпункт 4.1.9 При выполнении текстовых документов автоматизированным способом допускается применять расстояния, близкие к указанным интервалам.

**Обозначения, присвоенные документу, согласно установленной
в колледже системе обозначения документов по ГОСТ 2.201-80**

Наименование дисциплины	Буквенно-цифровой код
МДК 01.02 . Технология монтажа и обслуживания оборудования направляющих систем радио и оптической связи	КП. МДК 01.02.11.02.10.2020.05.00.00.ПЗ

КР, КП – курсовая работа, курсовой проект;

МДК 01.02.– сокращенное наименование дисциплины по колледжу;

11.02.10 – шифр специальности;

2020 –год выпуска документа (2020 год);

05 – порядковый номер фамилии студента в списке группы или номер варианта;

00.00. – обязательное обозначение документа по ГОСТ 2.201-80;

ПЗ, СБ, Э1, Э3 – код пояснительной записки, сборочного чертежа, схема электрическая структурная, схема электрическая принципиальная.