

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____/_____/_____
« ____ » _____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой КиПР

_____/_____/_____
Н.И. Войтович
« ____ » _____ 2020 г.

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РАДИОТРАСС ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ
СИСТЕМЫ ИНФОРМИРОВАНИЯ И ОПОВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

ЮУрГУ-11.03.03.2020.246.00 ПЗ ВКР

Руководитель от кафедры КиПР

Доцент

Жданов Б.В. /_____/_____
" ____ " _____ 2020 г.

Автор работы

Студент группы КЭ-224

Пальченко А.П. /_____/_____
" ____ " _____ 2020 г.

Нормоконтролер

Аспирант

Юнгайтис Е.М. /_____/_____
" ____ " _____ 2020 г.

Челябинск 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Пальченко А.П. Разработка критериев оценки радиотрасс для комплексной системы информирования и оповещения населения. – Челябинск: ЮУрГУ, ВШЭКН; 2020, 44 с., 20 ил., библиогр. список – 5 наим., 11 прил.,

В данной выпускной квалификационной работе представлена методика расчета радиосвязи для комплексной системы информирования и оповещения населения на территории г. Екатеринбурга.

В ходе работы разработана методика расчет радиосвязи, проведен расчет для нескольких пунктов оповещения, также разработана мачта для антенны с целью увеличения дальности связи.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Пальченко.А.П.			Разработка критериев оценки радиотрасс для комплексной системы информирования и оповещения населения	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Жданов.Б.В.					5	47
Н. Контр.		Юнгайтис Е.М.				ЮУрГУ Кафедра КиПР		
Утв.		Войтович Н.И.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	9
1.1. Изучение нормативных документов и литературы	9
1.2. Принцип работы пункта оповещения	9
2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	14
2.1. Теоретические основы построения радиоканала	14
2.2. Методика оценки	16
2.3. Расчет радиоканала для пунктов оповещения г.Екатеринбурга	20
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	29
3.1. Разработка мачты антенны пункта оповещения	29
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	36
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ А	37
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	38
ПРИЛОЖЕНИЕ В	39
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	41
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	43
ПРИЛОЖЕНИЕ З	44
ПРИЛОЖЕНИЕ И	45
ПРИЛОЖЕНИЕ К	46
ПРИЛОЖЕНИЕ Л	47

ВВЕДЕНИЕ

Данный проект разработан в пилотной версии для нескольких городских округов Свердловской области, в связи с этим все аспекты работы подсистемы будут разбираться на основе данного региона.

Подсистема комплексного информирования и оповещения предназначена для информирования населения о событиях, связанных с угрозами безопасности жизнедеятельности и среды обитания на территории муниципальных образований Свердловской области.

Проект предусматривает строительство окончательных устройств информирования и оповещения населения

Подсистема комплексного информирования и оповещения на региональном уровне обеспечивает функции запуска средств информирования и оповещения сопрягаемых систем через подсистему интеграции данных, включая функционирующие (находящиеся в промышленной эксплуатации) средства (при наличии технической и организационной возможности).

Подсистема комплексного информирования и оповещения обеспечивает следующие функциональные возможности:

- оповещение должностных лиц по списку посредством телефонной связи;
- запуск процесса оповещения населения с помощью средств громкоговорящей связи;
- визуализация выполнения оповещения;
- мониторинг работоспособности системы оповещения и информирования на территории муниципального образования.

РАСЦО (Региональная автономная система центрального оповещения) Свердловской области обеспечивает прием сигналов и речевой информации

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

оповещения от федеральной автоматизированной системы централизованного оповещения с межрегиональной автоматизированной системой централизованного оповещения Уральского регионального центра МЧС России.

Управление системой оповещения муниципальных образований, отнесенных к группам по ГО, предусмотрено с ЕДДС муниципальных образований и защищенных запасных пунктов управления городов (ЗПУ).

Управление местными системами оповещения муниципальных образований Свердловской области, не отнесенных к группам по ГО (Гражданской обороне), с мест размещения постоянного дежурного персонала ЕДДС муниципальных образований.

В качестве окончечных устройств сети оповещения используются:

- а) Существующие радиотрансляционные узлы;
- б) Проектируемые сирены и акустические установки;

Система поддерживает многоуровневую модель управления, которая реализуется путем передачи команд с пунктов управления регионального уровня на центр оповещения города, проведение ими оповещения в автоматическом режиме и сбора информации о результатах оповещения или тестирования. Центр оповещения муниципального образования в автоматическом режиме производит оповещение должностных лиц, запуск сирен в зоне своей ответственности.

1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

1.1. Изучение нормативных документов и литературы

Главной проблемой, рассматриваемой в данной работе, является влияние рельефа местности и препятствий на распространение радиоволн. В основном, пункты озвучивания находятся в городской местности на крышах многоэтажных построек. Часть пунктов размещены среди небольших построек. Нужно выяснить, смогут ли радиостанции принять сигнал управления в данных точках, а также разработать методику размещения точек таким образом, чтобы радиостанции смогли принять сигнал.

Также, необходимо разработать конструкцию мачты для размещения антенны, используемой в проекте. Это необходимо для удобства размещения антенны, а также для увеличения дальности связи за счет подъема подвеса.

Шабунин Н.В. «Распространение волн в мобильной связи».

В данной книге содержатся расчеты радиоволн в городской местности. Представлен расчет радиоканала между антеннами в свободном пространстве, и реальных условиях. Показана связь принятой мощности с напряжением в приемнике и амплитудой электрического поля, изучена техника анализа отражения, рассеяния и дифракции радиоволн. Также рассказывается влияние земной поверхности на распространение радиоволн, проведена оценка напряженности электро-магнитного поля в условиях города.

Д.А. Затучный, Ж.В. Сладь «О влиянии на распространение радиоволн в городе от профиля его застройки»

В статье исследуется влияние на распространение радиоволн в городских условиях высоты и плотности застройки. Приведена модель распространения радиоволн с борта воздушного судна. Приведены графики

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

зависимости вероятности прихода сигнала от ВС от высоты полёта и среднего числа зданий.

В пределах прямой видимости погрешности, связанные со средой распространения сигнала, как правило, возникают там, где имеется неблагоприятный рельеф местности.

Крупные строения, создают обширные теневые зоны, а рассеянные и отражённые волны придают процессу распространения радиоволн в городе существенно многолучевой характер и формируют сложную интерференционную структуру поля с глубокими и резкими пространственными замираниями.

Н. Блаунштейн, М. Левин «Затухание ОВЧ / УВЧ-волн в городе с регулярно расположенными зданиями»

В данной статье представлено исследование, в котором анализируется распространение радиоволн в пригороде среде с целью прогнозирования связи. Волновод со случайно распределенными щелями между стенами зданий рассматривается как модель улиц со зданиями.

Малевич Е.С., Михайлов М.С, Пермяков В.А. «Оценка влияния лесных массивов на распространение радиоволн в условиях сложного рельефа местности»

Предлагается методика расчета распространения радиоволн над земной поверхностью с использованием метода параболического уравнения. Оценивается влияние формы лесополосы на распространение радиоволн. Представлены результаты численного моделирования распространения радиоволн в лесных массивах для трехмерной модели пространства. Используемую методику можно применять при расчете санитарно-

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

защитных зон и зон ограничения застройки, для оценки влияния вырубки или посадки лесных массивов вблизи крупных антенных систем, для определения уровня потерь в радиотехнических системах

1.2. Принцип работы пункта оповещения

Для смягчения последствий и защиты населения от поражающих факторов чрезвычайных ситуаций и своевременного оповещения и информирования населения об угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и угрозе террористических акций на территории городского округа предусмотрены технические средства информирования и оповещения населения:

- пункты сиренного оповещения с использованием вновь устанавливаемых электросирен, которые могут устанавливаться на существующих зданиях или проектируемых опорах;

- пункты громкоговорящего оповещения с использованием вновь устанавливаемых громкоговорителей, которые имеют возможность имитировать звук сирены и передавать речевую информацию, могут устанавливаться также на существующих зданиях, проектируемых стойках или опорах.

На каждом пункте оповещения расположен термошкаф с оборудованием, включающим в себя:

- Источник бесперебойного питания
- Комплект батарей для ИБП.
- Трансляционный усилитель (Только в случае размещения громкоговорителя на ПО)
- Маршрутизатор
- Радиостанция

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

- Блок питания радиостанции
- Контроллер звукоусилительного оборудования (Только в случае размещения громкоговорителя на ПО)
- Блок управления sireны (Только при наличии sireны на ПО)

Рисунок 1. – Схема подключения оборудования

Рядом со шкафом располагается сварная рама, на которой размещается щит распределения питания, громкоговорители и sireны.

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Рисунок 2. – Схема расположения оборудования на ПО

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.

2.1. Теоретические основы построения радиоканала.

Для расчета построения радиоканала необходимы следующие формулы:

1) Основное уравнение радиосвязи

Расстояние в радиосвязи в общем случае вычисляется по уравнению Фрииса:

$$P_R = \frac{P_T G_T A_{\Pi}}{4\pi D^2} \quad (1)$$

P_R – Мощность сигнала в приемной антенне.

P_T – Мощность на передающей антенне.

G_T – Коэффициент усиления передающей антенны.

A_{Π} – Эффективная площадь приемной антенны.

d^2 – Расстояние между антеннами.

Где, формула эффективной площади равна :

$$A_{\Pi} = \frac{G_R \lambda^2}{4\pi} \quad (2)$$

λ – длина волны

G_R – Коэффициент усиления приемной антенны.

Откуда:

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi)^2 D^2} \quad (3)$$

С увеличением дальности D мощность принимаемого сигнала падает и достигает порогового уровня $P_R = P_{R_{min}}$. Она должна быть достаточной для извлечения информации. [1]

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

2) Ослабление на реальной земной поверхности

$$V_{\text{зем}} = 2\text{Sin} \cdot \left(\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}\right) \quad (4) \quad [2]$$

$V_{\text{зем}}$ – Множитель земли

h_1 – высота передатчика

h_2 – высота приемника

3) Дальность прямой видимости

Дальностью прямой видимости называется расстояние между излучателем (точка О) и точкой наблюдения А, лежащими на прямой, касательной к земной поверхности (линии горизонта). [1]

Рисунок 3. – Дальность прямой видимости

Формула дальности прямой видимости

$$R_{\text{п. в}} = 3.57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (5)$$

Где:

$R_{\text{п. в}}$ - граница радиоканала

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

4) Зона Френеля

$$a = \sqrt{\lambda \cdot \frac{R_{1_0} \cdot R_{2_0}}{R_{1_0} + R_{2_0}}} \quad (6) \quad [3]$$

a – радиус зоны Френеля

R_{1_0} – расстояние от передающей антенны до препятствия

R_{2_0} – расстояние от приемной антенны до препятствия

2.2. Методика оценки

Для оценки возможности построения радиоканала, необходимо провести следующие действия:

1) Провести расчет дальности радиосвязи.

Вначале необходимо из основного уравнения радиосвязи (3) вычислить максимально возможную дальность связи, преобразовав ее до вида:

$$D = \sqrt{\frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi)^2 P_R}} \quad (7)$$

Это будет при идеальных условиях без ослабления сигнала.

2) Расчет ослабления сигнала земной поверхностью

Следующий шаг – расчет ослабления сигнала земной поверхностью по формуле (5). Из этой формулы будет получен коэффициент ослабления сигнала земной поверхностью.

3) Расчет прямой видимости

Убедиться, что точки находятся на расстоянии прямой видимости друг от друга.

Для этого необходимо знать высоту подвеса обеих антенн, с учетом места расположения. Знать высоту здания (если антенна расположена на нем) а также учитывать рельеф, на которых расположены приемник и передатчик.

По формуле (1) вычислить радиус прямой видимости и учитывать следующие моменты, связанные со сферичностью Земли.

r – Расстояние между точками приемника и передатчика.

$r \leq 0.2R_{п.в}$ – радиотрасса малой протяженности. Сферичность земли влияет мало. Землю считают локально плоской.

$0.2R_{п.в} < r < 0.8R_{п.в}$ – радиотрасса средней протяженности. Необходимо учитывать сферичность земли.

$r > 0.8R_{п.в}$ – радиотрасса большой протяженности. Вычисляется дифракция на земном шаре.

В случае с комплексной системой оповещения работа будет вестись максимально на трассах средней протяженности, из-за чего необходимо учитывать сферичность земли.

Данная схема показывает распространение лучей с учетом сферичности земли.

Рисунок 3. – Схема сферичности земли

$$A_1C = r \frac{\sqrt{h_1}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}} \quad (8)$$

$$CB_1 = r \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}} \quad (9)$$

4) Учет возвышенностей и препятствий

Для начала необходимо построить на карте прямой маршрут между приемником и передатчиком.

Следующим шагом станет исследование профиля рельефа местности. Необходимо убедиться, что радиоканалу не будут мешать естественные возвышенности. Если радиоканал пролегает в городской местности, необходимо принимать во внимание все высотные здания, которые могут экранировать сигнал.

Если на пути все-таки имеется препятствие необходимо знать расстояние от точки передатчика и от точки приемника. По формуле (6) вычисляется радиус зоны Френеля в точке препятствия. Следом необходимо выяснить площадь круга зоны.

Рисунок 4. – Зона Френеля

Если здание не полностью перекрывает зону Френеля, можно выяснить часть зоны, которая остается свободной от перекрытия, по которой идет полезный сигнал.

$$S_{\text{полез}} = S_{z. \phi} - S_{\text{преп.}} \quad (10)$$

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

Чтобы выяснить ослабление через препятствие необходимо найти отношение

$$V_{\text{пр.}} = \frac{S_{\text{полез}}}{S_{\text{з.ф}}} \quad (11)$$

Когда вычислено затухание на всех препятствиях, необходимо взять расстояние связи из формулы (7) и умножить на коэффициенты затухания всех препятствий. Из этого мы получим дальности связи с учетом всех препятствий.

$$D_{\text{рез.}} = D \cdot V_{\text{пр}_1} \cdot V_{\text{пр}_n} \quad (12)$$

Если дальность связи больше расстояния до точки оповещения, значит радиоканал будет.

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

2.3. Расчет радиоканала для пунктов оповещения г. Екатеринбург

Действие методики будет показано на примере системы оповещения населения в городе Екатеринбург.

Пункт управления, с которого будет подаваться сигнал на пункты оповещения расположен на улице Карла Либнехта 8а. Проверим, можно ли построить радиоканал в Ленинском и Верхне-Исетском районе г.Екатеринбурга.

В данных районах расположено около 13 пунктов оповещения в разных их частях. Мы рассмотрим 3 из них. Необходимо оценить, возможно ли построение радиоканала в этих точках.

Рисунок 5. – Места расположений ПО

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

Для работы будут использованы следующие программы :

- SAS Planet

Для проверки расстояний между ПУ и ПО будет использован программный пакет SASPlanet.

Это свободная программа, предназначенная для просмотра и загрузки спутниковых снимков высокого разрешения и обычных карт, представляемых такими сервисами, как GoogleEarth, GoogleMaps, BingMaps, DigitalGlobe, “Космоснимки“, Яндекс.карты. [4]

- Google EarthPro

Для проверки рельефа местности будет использована программа GoogleEarth

Проект компании Google, в рамках которого в сети Интернет были размещены спутниковые (или в некоторых точках аэрофото-) изображения всей земной поверхности. Фотографии некоторых регионов имеют беспрецедентно высокое разрешение.

Pro версия включает в себя дополнительное программное обеспечение для создания фильмов, расширенной печати и точных измерений и в настоящее время доступно для Windows, Mac OS X 10.8 или более поздней версии, а также Linux. [5]

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

Технические характеристики оборудования

1) На пунктах оповещения используется антенна AjetraysVH-6000 со следующими характеристиками.

Диапазон частот	135 -174 МГц
Усиление	7.8 dB
КСВ нарезонансной частоте	<1,5
Максимальная мощность	200 Вт
Сопротивление антенны	50 Ом
Длина антенны	4,7 м
Вес антенны	2,2 кг

2) Также используются радиостанции MotorolaVX-2100.

Диапазон частот	134-174 МГц
Ширина канала	12.5 / 20.0 / 25.0 КГц
Количество каналов	8
Чувствительность	0.25 мкВ
Мощность передатчика	50 В
Напряжение питания	13,6В

Общие расчеты

1) Выясним высоту пункта управления. Для расчетов, здание, где расположен пункт управления, примем высотой около 12 м. Высота подвеса антенны равна 2 м. Сама антенна 5 м. В сумме высота $h_1 = 19$ м.

$$h_1 = 12 + 2 + 5 = 19 \text{ м}$$

2) Далее выясним длину волны из частоты передачи.

Тех. характеристики антенны приведены в таблице 1. Примем частоту передачи 135 МГц.

Длина волны равна:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (12)$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{135}$$

$$\lambda = 2.2 \text{ м}$$

3) Рассчитаем дальность связи без учета препятствий (в свободном пространстве)

$$D = \sqrt{\frac{25 \cdot 7.8 \cdot 7.8 \cdot (2.2)^2}{(4\pi)^2 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}} = 13655 \text{ м}$$

1) Обследование трассы до пункта оповещения по ул. Сакко и Ванцетти 36.

Рисунок 6. – Расстояние между пунктами по SASplanet

По спутниковым данным, расстояние между точками приблизительно 1,6 км.

Высота здания на улице Ленина 24. равна приблизительно 12 м.

Высота ПО = 19 м.

Рассчитаем множитель земли :

$$V_{зем} = 2Sin \cdot \left(\frac{2\pi \cdot 19 \cdot 19}{2.2 \cdot 1600} \right) = 1.42$$

Вычислим дальность связи с учетом земного коэффициента

$$D = 1.42 \cdot 13655 = 19390 \text{ м}$$

Рассчитаем расстояние прямой видимости.

$$R_{п.в} = 3.57(\sqrt{19} + \sqrt{19}) \approx 31 \text{ км}$$

$$R_{п.в} \cdot 0.2 = 6.2 \text{ км}$$

$$r \leq 0.2R_{п.в}$$

$$1.6 \text{ км} \leq 6.2 \text{ км}$$

В данном случае сферичность земли можно не учитывать

Теперь рассмотрим рельеф между пунктами :

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

Рисунок 7. – Рельеф между пунктами по ул. Карла Либнехта 8а до ул. Сакко и Ванцетти 36. по данным программы Googleearthpro

Никаких возвышенностей на пути радиосигнала нет, поэтому земная поверхность сигналу не мешает.

На пути радиотрассы не обнаружено высотных зданий, которые бы серьезно перекрывали радиоканал

Использование радиоканала возможно. Сигнал пройдет без сильных помех.

2) Пункт оповещения по ул. Щорса 114.

Рисунок 8. – Расстояние между пунктами по SASplanet

Высота здания школы на улице Вайнера 54. равна приблизительно 9 м.

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

Высота ПО = 16 м.

По данным программы SASplanet, расстояние между точками приблизительно 3,3 км.

$$V_{зем} = 2Sin \cdot \left(\frac{2\pi \cdot 19 \cdot 16}{2.2 \cdot 3300} \right) = 0.52$$

Вычислим дальность связи с учетом земного коэффициента

$$D = 0.52 \cdot 13655 = 7100 \text{ м}$$

Рассчитаем расстояние прямой видимости.

$$R_{п.в} = 3.57(\sqrt{19} + \sqrt{16}) \approx 30 \text{ км}$$

$$R_{п.в} \cdot 0.2 = 6 \text{ км}$$

$$r \leq 0.2R_{п.в}$$

$$3.3 \text{ км} \leq 6 \text{ км.}$$

В данном случае сферичность земли можно не учитывать

Теперь рассмотрим рельеф между пунктами :

Рисунок 9. – Рельеф между пунктами по ул. Карла Либнехта 8а до

ул. Щорса 114. по данным программы Googleearthpro

Никаких возвышенностей на пути радиосигнала нет, поэтому земная поверхность сигналу не мешает.

Препятствием может стать здание на расстоянии 500 м высотой в 54 м. и шириной 60 м.

Рисунок 10. – снимок здания в программе SAS.Planet

Радиус зоны Френеля равен :

$$a = \sqrt{2.2 \cdot \frac{500 \cdot 2730}{500 + 2730}} \approx 30 \text{ м}$$

Здание своей шириной и высотой полностью перекрывает зону Френеля, поэтому сигнал не сможет обойти это препятствие. Радиосвязи в этом случае не будет. Для подачи сигнала необходимо использовать сигнала Ethernet.

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

3) Пункт оповещения по ул.Громова 138а.

Рисунок 11. – Трасса до здания по улице Громова

Высота здания школы на улице Громова 138а. равна приблизительно 3,3 м.

Следовательно, высота ПО будет равна приблизительно – 10,3м.

По данным спутника, расстояние между точками приблизительно 5,042 км.

$$V_{зем} = 2Sin \cdot \left(\frac{2\pi \cdot 19 \cdot 10.3}{2.2 \cdot 5042} \right) = 0.22$$

Вычислим дальность связи с учетом земного коэффициента

$$D = 0.22 \cdot 13655 = 3004 \text{ м}$$

В данном случае радиосвязь невозможна. С учетом множителя земли связь возможна только на 3 км.вместо требуемых 5. Необходимо использовать канал Ethernet.

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Разработка мачты антенны пункта оповещения

Для проектирования антенны был использован САПР «Autodeskinventor»

Это система трёхмерного проектирования (САПР) компании Autodesk, предназначенная для создания цифровых моделей изделий. Инструменты Inventor обеспечивают полный цикл проектирования и создания конструкторской документации

Данная мачта разработана на основе изделия ООО ЧРЗ «Полет» ПРМГ-76У

Для начала создается основание антенны. Это кольцо с внутренним диаметром 550 мм. Такой диаметр выбран по причине того, что иногда придется ставить антенну внутрь установки с громкоговорителем и антеннами. Размер внутреннего отверстия установки 60х60 мм. .

Рисунок 12. – Эскиз кольца.

В разрезе, диаметр самого кольца составляет 30 мм.

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

Кольцо создается при помощи команды «Ллофт» по заранее созданному эскизу. Далее создавалась модель бобышки, к которой будет крепиться основание опор антенны. Длина ее 100 для надежности и предотвращения опрокидывания.

Рисунок 13. – Модель бобышки.

Следующая деталь – втулка, которая располагается внизу и фиксирует основание мачты. В верхней части отверстие диаметром 60. Отверстие такого диаметра выбрано по причине того, что труба, которая будет служить мачтой, должна быть такого диаметра, т.к крепление антенны рассчитано на диаметр 30-62 мм.

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Рисунок 14. – Модель втулки.

Далее создаются трубки-распорки, крепящиеся к втулке. Далее соединяется кольцо с бобышкой и кольцом. Все детали крепятся сваркой между собой.

Рисунок 15. – Втулка с трубами

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

Следующий этап – создание верхней части стойки, которая также служит опорой мачты. Она состоит из фланца с внутренним отверстием таким же, как и у основания - диаметром 60 мм.

Рисунок 16. – Фланец.

Далее фланец при помощи труб крепится к бобышкам. Трубы также привариваются с обеих сторон.

Рисунок 17. – Стойка

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

Следующий этап – создание трубы. Длина по задумке составляет 2075 мм. Для большей длины (2500-3000), необходимо делать больше кольцо основания, но мы ограничены размерами отверстия в установках.

Рисунок 18. – Труба мачты.

Также создается фланец, который будет размещаться на вершине мачты.

Рисунок 19. – Модель фланца на верхушке мачты

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

Рисунок 20. – Мачта в собранном виде.

Крепиться данная антенна будет растяжками с помощью анкерных болтов.

Подходящие анкера нужны с диаметром резьбы М10 длиной 100 мм.

Если возможно, то анкерные болты будут закреплены в бетонных парапетах установленных на крышах. Длины растяжек будут браться для каждого места размещения отдельно. Еще возможен вариант крепления к объектам, которые установлены на крыше, также с помощью анкеров или без них. Также возможно крепить растяжки к установке с громкоговорителями.

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы была разработана методика построения радиоканала для комплексной системы информирования и оповещения населения в г. Екатеринбург.

Были показаны теоретические обоснования для разработки методики. Приведено основное уравнение радиосвязи, формула для проверки прямой видимости а также расчеты зоны Френеля.

Написана методика на основе приведенной теории, которая учитывает рельеф и городскую застройку. Показано наглядное применение методики на примере связи между пунктом управления и пунктов оповещения в городе Екатеринбург.

Также, была разработана конструкция мачты для увеличения подвеса антенны для большей дальности радиосвязи.

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Черный Ф.В. Распространение радиоволн / Изд. 2-е. доп. и переработ./ М.: «Сов. Радио», 1972. – 464
- 2) Общая теория радиолокации и радионавигации. Распространение радиоволн : учебник / А.Н. Фомин, В.А. Копылов, А.А. Филонов, А.В. Андронов ; под общ.ред. А.Н. Фомина. – Красноярск :Сиб. федер. ун-т, 2017. – 318 с.
- 3) Литвинов О.С., Павлов К.Б., Горелик В.С. Электромагнитные волны и оптика / Под ред. Мартинсона Л.К. и Морозова А.Н. – Физика в техническом университете, том 4. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2002.
- 4) <http://www.sasgis.org/sasplaneta/> . – SASGISкартография и навигация
- 5) https://ru.wikipedia.org/wiki/Google_Планета_Земля - Google pro

					11.03.03.2020.246.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36