МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Радиотехника

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____
_____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «_____»_____ **20__ г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Радиоволновая система обнаружения нарушителя

Специальность Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Ишанев Н. Ж. МРТ-10-2
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Рунтайзер О.З., д.т.н, профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «5.» 06 2014 г.
(подпись)

Консультанты:

по экономической части:
Бабич Т.Т., ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «17» мая 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Сапатова Т.С., к.т.н, доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «5» мая 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Куликов Т.Т., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «5» мая 2014 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Головенко М.В., ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «5» июня 2014 г.
(подпись)

Рецензент: Кудакова К.Н., гл. менеджер АО "Казтелеком"
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «5» июня 2014 г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехники, телекоммуникации и связи
Специальность 5В0719 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Радиотехники

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студент Ишанов Кориман Жанатулы
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Радиоволновая система обнаружения нарушителя

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.
Срок сдачи законченной работы «___» _____ 20___ г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта
f = 48 МГц; диаметр коаксиального волновода: x = 0,0074 м.; волновое сопротивление коаксиального кабеля: W = 50 Ом; емкость коаксиального кабеля: $C_{1л}$ = 78 пФ; ток вырабатываемый генератором: I = 15 мА; напряжение вырабатываемое генератором: U = 15 В; длина передающей линии: l = 100 м.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:
Разработать надежный способ определения координат местоположения нарушителя;
Исследовать влияние главных факторов при разработке системы;
Предложить оборудование для реализации способа определения координат местоположения нарушителя;
Рассчитать стоимость интеллектуального труда при разработке системы;
Рассмотреть микроклимат и освещенность диспетчерской службы охраны периметра.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Структурная схема системы RaFid
Схема системы обнаружения нарушителя
Структурная схема разработанной системы обнаружения нарушителя
График зависимости мощности от частоты
Диаграмма направленности антенны
Схема расположения светильников
Сенсорный кабель системы RaFid

Рекомендуемая основная литература

Ремез Т.А. Курс основных радиотехнических измерений – М.: Связьиздат, 1955. – 448 с.
Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для радиотехнических спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432 с.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Безопасность жиз-ти	Санатова Т.С.	1.04 – 5.06.14	[signature]
Экономика	Бабич А.А	1.04 – 17.05.14	[signature]
Вычислительная техн.	Куликов А.А	05.06.2014	[signature]
Нормоконтроль	Лановенко М.В.	05.06.2014	[signature]
Основная часть	Рутгайзер О.З	05.06.2014	[signature]

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1.	Исследование состояния проблемы	28.02 - 24.03.14 г.	
2.	Предложенный метод обнаружения нарушителя	25.03 - 14.04.14 г.	
3.	Расчет основных параметров системы обнаружения нарушителя	15.04 - 5.05.14 г.	
4.	Реализация разработанной системы обнаружения нарушителя	6.05 - 23.05.14 г.	
5.	Безопасность жизнедеятельности	24.05 - 28.05.14 г.	
6.	Стоимость интеллектуального труда при разработке системы	29.05 - 31.05.14 г.	

Дата выдачи задания «____»_____20___ г.

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Рутгай Ар 03
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Имашев Н. М.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Берілген дипломдық жобаның тақырыбы бұзушыны анықтауға арналған радиотолқындық жүйе болып табылады. Дипломдық жобаның кіріспесі қысқаша берілген жобаны орындайтын негізгі алғышарттардан құралады. Бұзушыны анықтау үшін радиотолқындық жүйелердің түрлері мен ерекшеліктері келтірілген. Бұзушының орналасқан жер координаттарын анықтауға құрастырылған сенімді әдіс. Бұзушыны анықтау үшін радиотолқындық жүйе параметрлерінің есебі. Жұмыс бұзушының орналасқан жерінің координаттарын анықтау әдісін жүзеге асыруға арналған қондырғы, қауіпсіздік техникасын қозғайтын мәселелер мен жүйені құрастырған кездегі зияткерлік еңбек құнын есептеу бөлімдерінен тұрады.

Аннотация

Темой данного дипломного проекта является радиоволновая система обнаружения нарушителя. Дипломный проект содержит введение, в котором кратко формируется основные предпосылки к выполнению данного проекта. Разновидности радиоволновых систем обнаружения нарушителя и их особенности. Разработанный надежный способ определения координат местоположения нарушителя. Расчет параметров радиоволновой системы обнаружения нарушителя. Оборудование для реализации способа определения координат местоположения нарушителя, разделы затрагивающие вопросы техники безопасности, расчет стоимости интеллектуального труда при разработке системы.

Содержание

Введение 10
1 Состояние проблемы 11
1.1 Основные положения 11
1.2 Анализ работ изучающих данную проблему 21
1.3 Цели и задачи дипломного проекта 26
2. Предложенный метод обнаружения нарушителя 27
2.1 Принцип работы системы 27
2.2 Реализация системы на основе примера 32
2.3 Выводы 34
3 Расчет основных параметров системы обнаружения нарушителя 35
3.1 Расчета проходящей по фидеру мощности 35
3.2 Расчет волноводно-щелевой антенной решетки резонансного типа 38
3.3 Выводы 44
4 Реализация радиоволновой системы обнаружения нарушителя 45
4.1 Генератор импульсных сигналов 45
4.2 Коаксиальный кабель 47
4.3 Приемник 50
4.4 Выводы 52
5 Безопасность жизнедеятельности 53
5.1 Краткая характеристика условий работы оператора 53
5.2 Расчет воздухообмена в помещении 54
5.3 Расчет освещения рабочего места оператора 57
5.4 Выводы 61
6 Стоимость интеллектуального труда при разработке системы 62
6.1 Описание работы 62
6.2 Трудовые ресурсы, используемые в работе 62
6.3 Расчёт себестоимости работы по проектированию и разработке 62
6.4 Цена интеллектуального труда 68
6.5 Выводы 69
Заключение 71
Список литературы 72
Приложение А 74
Приложение Б 76

Введение

Актуальность темы дипломной работы заключается в том, что системы защиты и охраны периметра занимают ведущее место в обеспечении охраны объектов различного назначения. Этими объектами являются промышленные объекты, объекты повышенного риска (химические предприятия), склады, ангары, хранилища, коттеджные участки, офисы, фирмы, иностранные посольства, госучреждения и другие.

На сегодняшний день существует множество радиоволновых систем обнаружения нарушителя, однако основным недостатком данных систем является то, что они неспособны определить точное местоположение нарушителя. Решение данной проблемы важно, ввиду того, что протяженность участка, на котором было зафиксировано нарушение, может достигать до 1 км.

1 Состояние проблемы

1.1 Основные положения

1.1.1 Описание систем охраны периметра.

Системы охраны периметра - это системы, которые фиксируют проникновение злоумышленника на охраняемый объект и предупреждают об этом. Такой вид охраны является первым защитным рубежом для объекта. Но его следует применять в комплексе с охранной сигнализацией и видеонаблюдением. Системы охраны периметра стали очень популярны в частных домах и коттеджах, а так же на территории заводов и предприятий. Люди защищают не только дома, но и территорию [1].

Средства обнаружения являются важнейшей составляющей технических средств охраны, предназначенных для защиты объектов от противоправных действий нарушителей. По существу средства обнаружения состоят из двух частей – чувствительного элемента, то есть преобразователя регистрируемой физической величины в электрический сигнал, и блока электронного [2].

1.1.2 Классификация систем охраны периметра и их недостатки.

Все системы охраны периметра можно разделить на 8 классов, отличающихся друг от друга по принципу работы.

1.1.2.1 Обрывная СОП.

Обрывная СОП - вдоль границы охраняемой территории натягивается тонкий двужильный провод. При его обрыве подается сигнал тревоги.

Недостатком данной системы является большая вероятность, что провод будет поврежден вследствие осадков или пробегающего животного.также провод можно перешагнуть, пройти под ним, т.е. система крайне ненадежна.

1.1.2.2 Контактная оптоволоконная СОП.

Контактная оптоволоконная СОП - оптоволоконный кабель закладывается в землю. При его деформации изменяются параметры проходящего через него лазерного луча [3].

Оптическое волокно в общем случае представляет собой коаксиальныйсветовод, упрощенная структура которого схематически показана на рисунке 1. Свет распространяется вдоль центральной части (сердцевины) кабеля. К сердцевине волокна прилегает прозрачная оболочка, которая обладает меньшим показателем оптического преломления, чем сердцевина. Свет, распространяющийся под углом к оси световода, отражается от границы раздела между сердцевиной и оболочкой и концентрируется в центральной части волокна. Внешнее непрозрачное покрытие служит для механической защиты кабеля. В качестве источника излучения обычно используются

миниатюрные полупроводниковые лазеры или светодиоды. На выходе кабеля установлен оптический приемный модуль, который преобразует оптический сигнал в электрический. При деформациях или вибрациях волокна изменяются условия распространения света или его внутреннего отражения, в результате чего претерпевают изменения фазовые и пространственные характеристики луча на выходе кабеля. Эти изменения регистрируются фотоприемником и обрабатываются анализатором сигналов.

Недостатком данной системы является большое количество условий для установки и эксплуатации. Много факторов, при которых система может не обнаружить нарушителя.

Установка подземных волоконно-оптических датчиков периметра, предназначенных для обнаружения идущего нарушителя, предполагает целый ряд мер, обеспечивающих надежную работу системы с оптимальными характеристиками. К таким мерам нужно отнести планирование системы и инсталляцию сенсоров. Эта технология чувствительна к вибрациям почвы и сейсмическим сигналам, вызванным проходящим рядом автотранспортом, крупными деревьями, железными дорогами, строящимися объектами и т.п. При наличии такого рода внешних факторов сенсорные кабели рекомендуется устанавливать в специально подготовленных траншеях, заполненных гравием, что позволяет отчасти изолировать сенсоры от влияния указанных грунтовых сейсмических воздействий.

Во всех случаях рекомендуется избегать установки сенсорных кабелей непосредственно в грунт, т.к. уплотнение почвы со временем может существенно изменять чувствительность системы и снижать вероятность обнаружения нарушителя. Если сенсорный кабель устанавливается непосредственно в грунт или под газоном с травой, то давление грунта слабо передается на сенсор. Нарушитель зачастую может быть обнаружен только тогда, когда он наступает непосредственно на сенсорный кабель.

Трасса прокладки подземных сенсоров должна быть снабжена дренажными средствами, предотвращающими образование водяных массивов, которые могут замерзнуть при отрицательных температурах (зимой). Промерзание грунта, так же как и его уплотнение, может снизить чувствительность системы. Сильные ветры и дождевая эрозия почвы могут вызвать обнажение подземных сенсоров или погружение их на глубину, превышающую оптимальную для обнаружения нарушителя [4].

1.1.2.3 Емкостная СОП.

Емкостная СОП - электрический контур (система проводников или сетка) подключенный к контрольному прибору. При приближении или прикосновении к контуру его емкость относительно земли меняется.

Недостатком данной системы ложные срабатывания, которые могут быть вызваны, например, атмосферными осадками (налипание снега), технологическими жидкостями и др. (случайное прикосновение оператора к выключателю также вызовет его срабатывание) [5].

1.1.2.4 Вибрационная СОП.

Вибрационная СОП - при прикосновении к ограждению закрепленный на нем сенсорный кабель генерирует звуковые колебания.

Недостатком данной системы является сильная уязвимость перед различными осадками. Они могут стать источниками вибраций, также как и проезжающие автомобили, поезд и даже сильный ветер.

1.1.2.5 Радиолучевая СОП.

Радиолучевая СОП - передатчик генерирует объемное электромагнитное поле. При попадании постороннего объекта приемник фиксирует изменения параметров поля. На этом же принципе основана работа высокочастотных систем, использующих эффект Доплера [3].

Принцип действия таких систем основан на анализе изменений амплитуды и фазы принимаемого сигнала, возникающих при появлении в зоне постороннего предмета. Системы применимы там, где обеспечивается прямая видимость между приемником и передатчиком, т.е. профиль поверхности должен быть достаточно ровным и в зоне охраны должны отсутствовать кусты, крупные деревья и т.п.

Применяют радиолучевые системы как при установке вдоль оград, так и для охраны неогражденных участков периметров. Эти системы обычно рассчитаны на обнаружение нарушителя, который предодолевает рубеж охраны в полный рост или согнувшись.

Общим недостатком радиолучевых систем является наличие “мертвых” зон — чувствительность системы понижена вблизи приемника и передатчика, поэтому приемники и передатчики соседних зон должны устанавливаться с перекрытием в несколько метров. Кроме того, радиолучевые системы недостаточно чувствительны непосредственно над поверхностью земли (30 — 40 см), что может позволить нарушителю преодолеть рубеж охраны ползком [6].

1.1.2.6 Инфракрасная СОП.

Инфракрасная СОП - пассивная ИК-система регистрирует изменение ИК-излучения окружающей среды при возникновении движения в охраняемой зоне. Активная ИК-система включает в себя приемник и передатчик. Передатчик излучает невидимые ИК-лучи. Если луч пересекается посторонним предметом, приемник подает сигнал тревоги.

К её недостаткам относятся зависимость от атмосферных условий влияющие на дальность действия, т.е. влияние солнечной радиации и т.д.

1.1.2.7 Вибро-сейсмическая СОП.

Вибро-сейсмическая СОП - сейсмические датчики (кабели) регистрируют изменения магнитного поля при перемещении в зоне чувствительности посторонних предметов. Гидравлические датчики регистрируют изменение давления жидкости. Геофонные датчики представляют собой обмотку с

подвижным магнитным сердечником. Движение сердечника при возникновении механических колебаний ограды или почвы приводит к изменению напряжения в обмотке [3].

1.1.2.8 Радиоволновая СОП.

Одним из самых перспективных на сегодняшний день являются радиоволновые системы охраны периметра. Радиоволновые системы охраны периметра являются высокоэффективным средством обнаружения нарушителей периметра охраняемого объекта, при этом оставаясь скрытыми от посторонних глаз.

1.1.3 Принцип действия радиоволновых охранных систем.

Принцип действия радиоволновых охранных систем основан на изменении характеристик электромагнитного поля при попадании в область его действия посторонних объектов. Радиоволновые охранные системы могут применяться для охраны периметра различных объектов и устанавливаться на различные участки периметра, заборы и ограждения, либо даже монтироваться ниже уровня грунта, не снижая при этом своей эффективности по обнаружению нарушителей охраняемой территории. Для защиты периметра могут использоваться радиоволновые и проводные радиоволновые охранные системы.

Проводная радиоволновая охранная система для обнаружения посторонних объектов в зоне контроля использует приемник и передатчик ультракоротковолнового диапазона с приемной и передающей антенной. В качестве антенн радиоволновой системы охраны периметра используются два параллельно расположенных проводника большой протяженности. Шлейф из приемного и передающего проводников может монтировать по поверхности строений, заборов и ограждения для обнаружения злоумышленников, пытающихся через них перелезть. В случае необходимости контроля открытых по тем или иным причинам участков периметра охраняемого объекта, возможно использование радиоволновых систем защиты периметра, датчики которых зарываются в грунт на небольшую глубину. Подобные системы называются «линия вытекающей волны» и контролируют полосу шириной 3-4 м и высотой до одного метра на открытой местности, чего более чем достаточно для обнаружения нарушителя [7].

Способы формирования поля в ЗО могут быть различными, одним их них является применение излучающих (специально неидеальных) коаксиальных кабелей, функционирование которых основано на эффекте связанных линий вытекающей волны (ЛВВ).

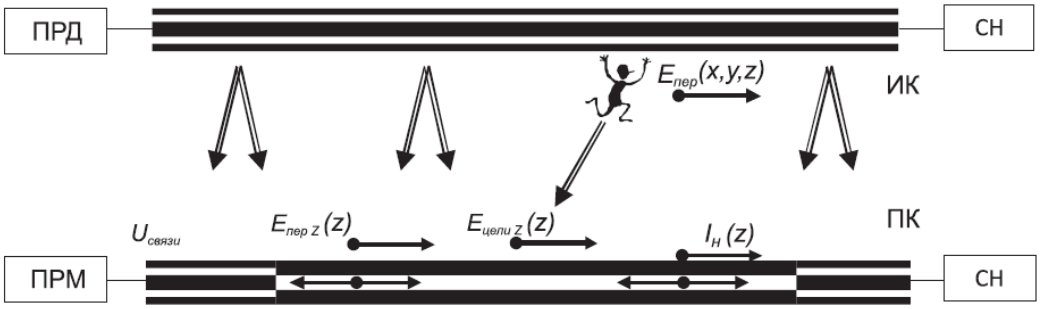

Рисунок 1.1 - К принципу действия СО ЛВВ

Принцип действия СО ЛВВ можно пояснить с помощью рисунка 1.1. Передатчик (ПРД) подключается к излучающему кабелю (ИК), в конце которого находится согласованная нагрузка (СН). Распространение высокочастотной энергии (Епер) вдоль ИК в результате дифракционных явлений на границах раздела физических сред приводит к появлению во внешнем пространстве электромагнитного поля (ЭМП) сложной формы. Оно наводит ток проводимости (Iн) во внешнем проводнике (типично − перфорированном экране) приемного кабеля (ПК), играющего роль распределенной приемной антенны и также оконцованного СН. Высокочастотный ток, бегущий во внешнем проводнике ПК, возбуждает внутреннюю основную волну типа ТЕМ, распространяющуюся к нагрузкам − входному сопротивлению приемника (ПРМ) и СН. Напряжение, выделяемое при этом на согласованных нагрузках – ближнем и дальнем концах ПК, − есть сигнал связи. В отсутствие человека-нарушителя в пространстве в непосредственной близости от приемной или передающей антенн (для сигналообразования они равнозначны) при неизменных параметрах сред распространения ЭМП, моночастотном излучении и отсутствии внешних помех уровень сигнала связи постоянен.

Переизлученное нарушителем поле вносит возмущение в распределение ЭМП вдоль ПК, поэтому его перемещение вблизи ИК или ПК приводит к амплитудной и фазовой модуляции сигнала связи. Зона обнаружения СО ЛВВ – область пространства между и вокруг кабелей, размещенных на рубеже охраны, перемещение в которой нарушителя (цели) приводит к регистрируемым изменениям сигнала связи. Наряду с этими изменениями амплитуды (типично ~1%) и фазы полезного сигнала на входе ПРМ наблюдается паразитная модуляция сигнала связи под воздействием изменения электрических параметров грунта (особенно подстилающей поверхности) и атмосферы, колебаний растительности (трава, кусты), внешних электромагнитных помех и др [2].

1.1.4 Сравнение характеристик охранных систем различных производителей.

Также для сравнения можно представить таблицу технических характеристик ЛВВ-извещателей.

Т а б л и ц а – 1.1Технические характеристики ЛВВ-извещателей [8].

Параметр	RAFID	H-FIELD	SENTRAX	PANTHER	TRINDEL	TREZOR
Длина участка, м	150	150	200	150	200	2x125
Расстояние между кабелями, м	1 ...2	2,1 (в грунт)	2,0 (в грунт)	1,0 ...2,0 (в грунт)	1,0 (в грунт)	1,5 ...3,0 (на ограждение и в грунт)
Размеры зоны обнаружения, м	2x3	0,5x4,6	1x3	1x3	0,5x2	от 1x3 до 1,8x5
Напряжение питания, В	12	220±15% 12±10%	220±15% 12±10%	+25% 12 -15%	220+15% 12+10%	10...30
Потребляемая мощность, Вт	7,8	60	180	6	36	< 2,5
Период наработки на ложный сигнал тревоги, ч	-	720			240	720

Все упомянутые извещатели допускали стационарную установку блоков как непосредственно на охраняемом рубеже, так и вблизи него с заглублением ЛВВ в грунт [8].

ПериметровыеСОна эффекте линии вытекающей волны, работающие в диапазоне 40 МГц, 55-65 МГц, обладают очень высокой сигнализационной надежностью при установке их в среду, слабоподверженную изменениям проводимости (бетон, гравий, кирпичное заграждение), либо в специальные трубы. Без такой дорогостоящей подготовки периметра при установке в грунт, появляющиеся при дожде «блуждающие дыры» в ЗО уменшают среднюю (по длине) вероятность обнаружения с обычных 0,98 до 0,9. Недостатком таких средств является большая мощность потребления(десятки вт), что ограничивает их использование с автономными источниками питания, а также относительно большая стоимость [9].

1.1.5 Известные радиоволновые системы обнаружения нарушителя.

Существует множество примеров практической реализации данных систем. Далее представлены самые известные системы.

1.1.5.1 Система Рафид (RAFID).

Структурная схема системы Рафид (фирма Geoquip, Великобритания) показана на рисунке 1.2. Сенсорные кабели (передающий и приемный) монтируются под землей на расстоянии примерно 2 метров друг от друга. При этом ширина чувствительной зоны составляет около 3 м (в зависимости от

установки чувствительности). Максимальная длина охраняемой зоны составляет 150 метров. На одном краю зоны устанавливаются приемный модуль и анализатор, который выполняет обработку сигналов приемного кабеля. На противоположном краю зоны расположен передающий модуль, подключенный к передающему кабелю.

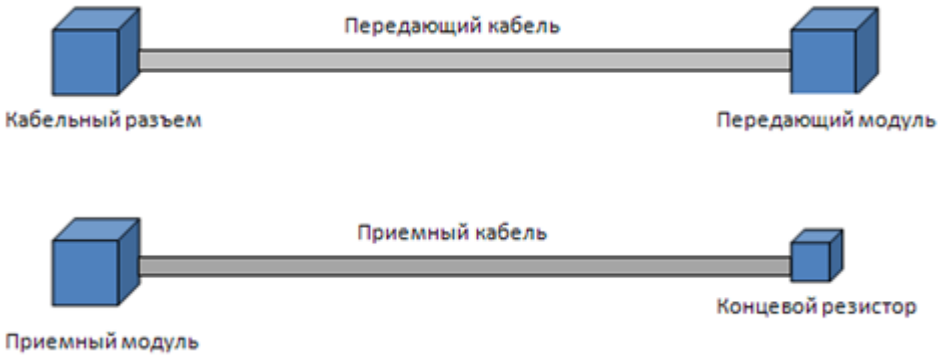

Рисунок 1.2 - Структурная схема системы Рафид

Расположение приемника и передатчика на противоположных краях зоны не является случайным. Дело в том, что интенсивность излучаемого передающим кабелем поля максимальна вблизи передатчика. В то же время эффективность приемного кабеля выше всего вблизи приемного модуля. Если расположить оба этих модуля на одном и том же краю зоны, то система будет обладать неоднородной по длине зоны чувствительностью: она будет максимальна вблизи электронных модулей и минимальна на удаленном краю зоны. Разнесение приемника и передатчика позволяет скомпенсировать неоднородность параметров вдоль зоны охраны. На рисунке 1.3 показана фотография сенсорного кабеля системы Рафид. Монолитный центральный провод коаксиального кабеля окружен диэлектриком. Экранирующая оплетка, выполненная из медных проводников, не является сплошной: между проводниками оплетки имеются зазоры, которые обеспечивают функционирование кабелей в качестве антенн – передающей и приемной.

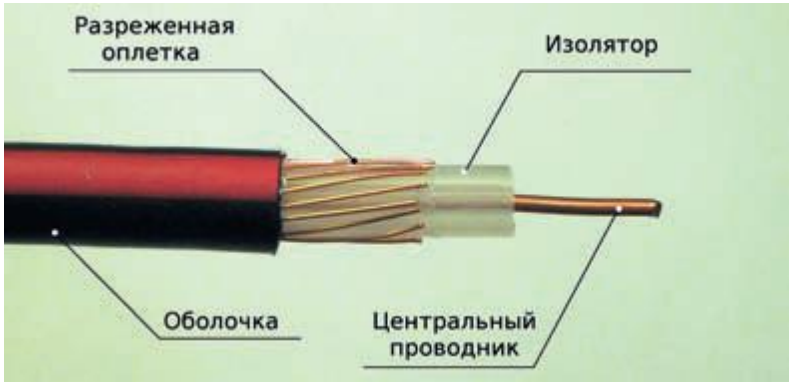

Рисунок 1.3 - Сенсорный кабель системы Рафид

При установке кабелей под землей их рекомендуется помещать в гофрированный пластиковый шланг диаметром 50…75 мм. Шланг должен иметь небольшие регулярные отверстия, которые необходимы для отвода попадающей в шланг воды. Шланги с кабелями располагаются в траншеях сечением примерно 25×25 см, заполненных сухим песком или гравием. Такая подготовка позволяет в некоторой степени стабилизировать электромагнитные параметры почвы вблизи кабелей и снизить влияние изменяющихся или неоднородных характеристик грунта на чувствительность системы. Система Рафид работает на одной из 16 фиксированных частот в диапазоне 40…41 МГц. Анализатор системы конструктивно объединен с приемным модулем. Приемник системы выделяет флуктуации амплитуды и фазы принимаемого радиочастотного сигнала и передает их на анализатор. Настройка процессора осуществляется непосредственно на периметре при имитации реальных вторжений [4].

1.1.5.2 Система Перимитракс (Perimitrax).

Одной из самых известных радиоволновых систем с подземными сенсорами является система Перимитракс (Perimitrax) канадской компании Senstar. В качестве сенсоров здесь использованы специально разработанные коаксиальные кабели с проводящим экраном из фольги (рисунок 1.3, 1.4). Экран не является сплошным – он выполнен с продольным зазором, благодаря которому сенсор выполняет функции «линии вытекающей волны», т.е. излучающего кабеля.

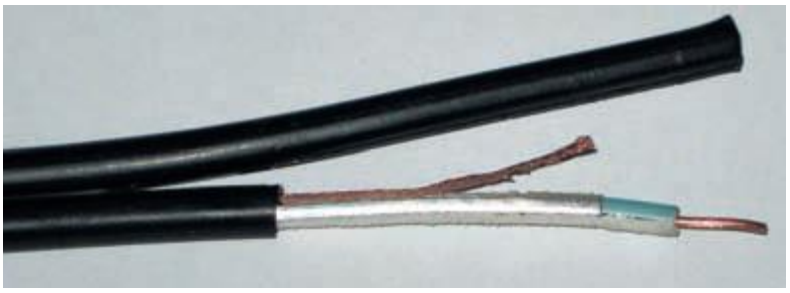

Рисунок 1.3 - Сенсорный кабельSC1 системыПеримитракс

Рисунок 1.4 - Сенсорный кабельSC2 системыПеримитракс

Сенсорные кабели системы Перимитракс выпускаются в двух вариантах. Протяженный сенсор типа SC1 (рисунок 1.3) представляет собой пару из

передающего и приемного кабелей, конструктивно объединенных в общей защитной оболочке с внешним сечением 8,5×15 мм. Сенсор типа SC2 состоит из пары отдельных кабелей (рисунок 1.4) диаметром 8 мм, которые располагаются на расстоянии 2 метров друг от друга. В первом случае с сенсорами SC1 подземная прокладка кабелей упрощается, т.к. необходимо устраивать только одну траншею. Для такого сенсора ширина чувствительной зоны составляет примерно 2 м при высоте около 1 м. Для прокладки раздельных кабелей (SC2) необходимы две параллельные траншеи на расстоянии 2 метров друг от друга. При этом поперечные размеры чувствительной зоны составляют соответственно около 3 м (ширина) и 1 м (высота). Сенсоры обоих типов укладывают в грунт или под асфальт на глубину от 6 до 23 см. Кабели типа SC2 при укладке ориентируют так, чтобы зазоры экранирующей оплетки были обращены вверх. Это позволяет сконцентрировать электромагнитное поле над поверхностью земли, уменьшив зависимость поля от влажности почвы и других природных факторов [4].

В отличие от системы Рафид передающий и приемный модули системы Перимитракс располагаются на одном и том же краю зоны. Компенсация неоднородности чувствительности по длине зоны достигается за счет того, что ширина зазора в проводящем экране кабеля не является постоянной: она увеличивается по мере удаления от электронного приемо-передающего модуля системы. За счет этого удается компенсировать неоднородность потерь в кабелях и сделать чувствительность однородной в пределах всей длины зоны охраны. Электронный модуль системы Перимитракс поддерживает две зоны охраны длиной до 200 метров каждая. До 4-х электронных блоков можно объединить в общую сеть, обеспечивающую охрану периметра общей длиной до 1600 м (8 зон по 200 м). В сетевой версии питание электронных блоков и передача сигналов тревоги осуществляются непосредственно по сенсорным кабелям. Излучатели и приемники двухзонного электронного модуля системы работают на двух фиксированных частотах: 40,665 и 40,695 МГц, что позволяет устранить интерференционные помехи между соседними зонами[4].

1.1.5.3 Система Омнитракс (Omnitrax).

Эта система, разработанная компанией Senstar сравнительно недавно, является логическим развитием системы Перимитракс. В качестве сенсорных элементов здесь могут использоваться сенсоры предыдущего поколения SC1 или SC2, а также новый сенсорный кабель ОС2(рисунок 1.5).

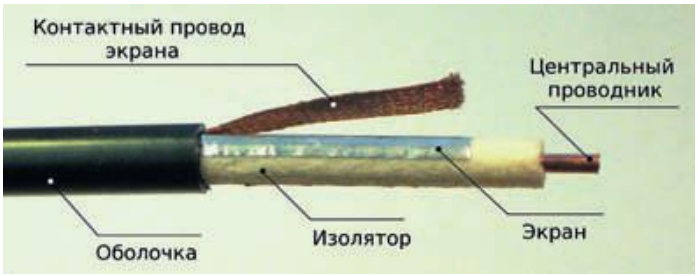

Рисунок 1.5 - Сенсорный кабельОС2 системы охраныОмнитракс

Сенсор ОС2 по конструкции похож на одиночный кабель SC2, отличаясь от него более крупными размерами. Внешний диаметр кабеля с двойной защитной оболочкой равен 12 мм, диаметр центрального проводника – 2,5 мм. Поперечные размеры чувствительной зоны системы с двумя раздельными кабелями аналогичны соответствующим параметрам системы Перимитракс[4].

Основное отличие системы Омнитракс от системы предыдущего поколения состоит в том, что в передающий кабель подается не непрерывный радиочастотный сигнал, а кодированный импульсный сигнал. Анализ принимаемого сигнала позволяет не только обнаруживать нарушителя, но и определять место вторжения с точностью до 1 метра. К электронному модулю подключаются две зоны охраны длиной до 400 м каждая. Специальная обработка сигналов с локализацией точки вторжения позволяет программно конфигурировать для каждого из процессоров до 50 отдельных сегментов периметра, в каждом из которых формируется индивидуальный сигнал тревоги. Анализаторы системы Омнитракс можно включать в общую сеть, в которой сенсорные кабели используются также для подачи питания на электронные модули и для передачи сигналов тревоги и диагностики на пост управления.

Согласно спецификации изготовителя, система Омнитракс с вероятностью 99% обнаруживает нарушителя массой более 35 кг, который пересекает охраняемый рубеж со скоростью от 0,05 до 8 м/сек. Заявляемая вероятность ложной тревоги составляет при этом не более одной ложной тревоги в месяц на одну зону охраны (400 м) [4].

1.1.5.4Система Майкротрек (Microtrack).

Чувствительными элементами системы Майкротрек (компания SouthwestMicrowave, США) служат два излучающих кабеля, расположенных параллельно друг другу на расстоянии 2 метров (рисунок 1.6).

Рисунок 1.6 - Укладка подземныхсенсорных кабелейсистемыМайкротрек

Сенсорные кабели устанавливаются в грунт на глубину 10…23 см, хотя разработчики системы указывают, что глубина закладки кабелей не оказывает существенного влияния на конфигурацию чувствительной зоны. Типовые поперечные размеры зоны составляют 3 м (ширина) и 1 м (высота). Поперечные размеры чувствительной зоны зависят от проводимости почвы, поэтому для минимизации поглощения электромагнитного излучения рекомендуется устанавливать сенсорные кабели в траншеях, заполненных песком. Коаксиальный сенсорный кабель с регулярными отверстиями в экранирующей оплетке (рисунок 1.7) содержит двойную защитную оболочку (майларовая пленка и полиэтилен) со специальным заполнением, препятствующим проникновению влаги внутрь кабеля [4].

Рисунок 1.7 – Коаксиальныйсенсорный кабельсистемы Майкротрек

Внешний диаметр кабеля – 10,3 мм. Сенсорные кабели выпускаются в двух стандартных длинах: 110 м и 210 м. Анализатор системы поддерживает две зоны охраны длиной до 200 метров каждая. Несколько анализаторов можно включить в сеть, где питание и передача тревожных сигналов осуществляются по сенсорным кабелям.

Отличительная особенность системы – использование многочастотного сигнала, подаваемого в передающий кабель. Специальный алгоритм обработки принимаемого сигнала позволяет не только обнаруживать вторжение, но и определять место вторжения с точностью не хуже 3 метров. Каждая из зон охраны (длиной до 200 м) программно разделяется на 100 отдельных сегментов. Сигналы в каждом из сегментов обрабатываются индивидуально. Это дает возможность задавать чувствительность в каждом из сегментов, компенсируя тем самым локальные неоднородности электромагнитных параметров почвы. Программа управления системой охраны отображает состояние в каждом из сегментов и позволяет при необходимости корректировать настройку параметров на отдельных участках периметра [4].

1.2 Анализ работ изучающих данную проблему

Также в ходе поиска вариантов решения проблемы были изучены различные патенты на изобретения.

1.2.1 Способ обнаружения движущихся целей и устройство для его осуществления.

Одним из них является патент №2109344 «Способ обнаружения движущихся целей и устройство для его осуществления».

Изобретение относится к охранной сигнализации и может применяться для охраны периметров объектов сложной конфигурации, как оборудованных заграждениями различного типа, так и без заграждений. Кроме того, изобретение может использоваться при создании быстро развертываемых средств обнаружения для блокирования временных и локальных рубежей охраны. Техническим результатом предложения является повышение надежности обнаружения и расширение области применении путем выравнивания чувствительности по длине линии передачи. Способ обнаружения движущихся целей основан на формировании вдоль охраняемого рубежа зоны распространения электромагнитного сигнала путем размещения вдоль рубежа линии передачи этого сигнала и формировании зондирующего сигнала на первом конце линии передачи. Второй конец линии передачи выполняют несогласованным с волновым сопротивлением линии, выделяют на первом конце линии передачи сигнал, отраженный от второго конца линии передачи, и фиксируют изменения сигнала, отраженного от второго конца линии передачи, при появлении движущейся цели в зоне распространения электромагнитного сигнала [10].

Недостатками данного изобретения является высокая подверженность электромагнитным помехам. Также данный способ не подразумевает определения местоположения нарушителя.

1.2.2 Способ обнаружения движущихся электропроводящих объектов.

Патент №2303290 «Способ обнаружения движущихся электропроводящих объектов». Изобретение относится к области обеспечения безопасности и предназначено для обнаружения движущихся электропроводящих объектов. Техническим результатом является повышение достоверности обнаружения этих объектов. Сущность изобретения состоит в том, что в контролируемой области пространства вдоль охраняемого рубежа на одинаковых или неодинаковых расстояниях друг от друга размещают соединенные между собой кабелем связи излучатели, выполненные в виде преобразователей электрического напряжения в электромагнитное поле, и соединенные между собой другим кабелем связи измерители, в которых размещают устройства первичного анализа и обработки измеряемых изменений параметров электромагнитного поля, из соседнихизмерителей и излучателей и примыкающих к этим измерителям и излучателям измерителей и излучателей формируют пары "измеритель-излучатель", пары идентифицируют и информацию об обнаружении электропроводящего объекта, вырабатываемую каждой парой, передают на центральное устройство анализа и обработки информации, которое формирует оповещение об обнаружении

электропроводящего объекта или группы электропроводящих объектов с указанием места обнаружения [11].

Недостатком данного способа является сложность обнаружения объектов со слабой электропроводимостью, которым является человек. Повышение чувствительности трудновыполнимо.

1.2.3 Способ обнаружения нарушителя.

Патент №2037881 «Способ обнаружения нарушителя». Изобретение относится к области тревожной сигнализации и может быть использовано в средствах обнаружения, выдающих информацию о вторжении нарушителя в охраняемую зону при воздействии на электромагнитное поле. Цель изобретения - повышение надежности обнаружения. В протяженном чувствительном элементе, образующем охраняемую зону, формируют пространственную стоячую волну, пространственную фазу которой изменяют, и сравнивают уровень интенсивности колебания в точке приема с опорным значением, при отклонении уровня от опорного формируют сигнал тревоги.

Способ обнаружения нарушителя, основанный на формировании пространственной стоячей волны в протяженном чувствительном элементе, сравнении уровня интенсивности колебаний в точке приема с опорным значением и формировании сигнала тревоги при отклонении уровня от опорного, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности обнаружения, в нем изменяют пространственную фазу пространственной стоячей волны в протяженном чувствительном элементе [12].

Недостатком является сложность устройства и способа. Как следствие сложность реализации.

1.2.4 Радиоволновое средство обнаружения нарушителя.

Патент №2258258 «Радиоволновое средство обнаружения нарушителя». Изобретение относится к области охранной сигнализации. Технический результат заключается в повышении помехоустойчивости устройства. Устройство содержит генератор импульсов, линию передачи, приемник с каналами обнаружения, причем эффективный спектр полосы пропускания приемника разделен на несколько полос каналов обнаружения с помощью высокочастотных полосовых фильтров, которые в каждом канале обнаружения имеют свою полосу пропускания, выходы каналов обнаружения подключены к входам логической схемы "И", выход которой соединен с входом исполнительной схемы.

Для реализации поставленной цели в изобретении решена следующая техническая задача: полоса пропускания приемника разделена на отдельные полосы, в каждой из которых организован отдельный канал обнаружения, а выходы каналов объединены по схеме "И" [13].

Недостатком данного способа является высокая подверженность электромагнитным помехам, т.к. обнаружение поводится за счет изменения

амплитуды. Помеха может изменить амплитуду так, как если бы это был нарушитель.

1.2.5 Способ и устройство радиоволнового обнаружения нарушителя.

Патент №2145441 «Способ и устройство радиоволнового обнаружения нарушителя».

Способ радиоволнового обнаружения нарушителя, заключающийся в том, что проводную линию электросвязи в режиме открытого волновода поверхностных радиоволн с передатчиком и приемником ВЧ колебаний электромагнитного поля используют в качестве чувствительного элемента извещателя охраны, сравнивают уровень амплитуды ВЧ колебаний электромагнитного поля в точке приема с опорным уровнем и формируют сигнал тревоги при заданном отклонении указанной амплитуды от опорного уровня, отличающийся тем, что элементы конструкции металлопроволочного заграждения охраны размещают в существенном для распространения указанных радиоволн пространстве в качестве дополнительной волноводоформирующей чувствительной к механическим деформациям проводной шины [14].

Недостатком является низкая помехоустойчивость, по причине использования малейшего изменения амплитуды, которая может быть воспринята как нарушитель.

1.2.6 Способ обнаружения нарушителя с определением направления движения.

Патент №2434296 «Способ обнаружения нарушителя с определением направления движения». Изобретение относится к области охранной сигнализации и может быть использовано в средствах охранной сигнализации для охраны периметров, имеющих сложную конфигурацию, как оборудованных заграждениями различных типов, так и без использования заграждений. Техническим результатом изобретения является увеличение протяженности охраняемого рубежа и повышение вероятности правильного определения направления его преодоления. Способ обнаружения нарушителя с определением направления преодоления рубежа основан на формировании вдоль охраняемого рубежа посредством двух параллельных проводных линий передачи с синфазными когерентными зондирующими сигналами двух зон чувствительности с взаимно-противофазными знаками уровня модуляции сигналов, однозначно соответствующими направлению движения нарушителя при преодолении линий.

Целью настоящего изобретения является увеличение протяженности рубежа, снижение вероятности ложного срабатывания и повышение вероятности правильного определения направления преодоления рубежа [15].

Недостатком данного изобретения является то, что не была решена проблема определения точного месторасположения самого нарушителя.

1.2.7 FM-CW кабель радарного обнаружения вторжений.

Патент US6577236 B2 «FM-CW кабель радарного обнаружения вторжений». Способ обнаружения нарушителя основан на использовании быстрого преобразования Фурье.Быстрое преобразование Фурье (БПФ) используется для преобразования информации целевой отклика в информации целевой местонахождения. На выходе БПФ содержится информация как амплитуды так и фазы, относящуюся к цели вдоль длины кабеля датчика. Арктангенс мнимой части деленное на действительную составляющую связано с фазовым углом целевого отклика CW датчика, работающего в промежутке f_1 и f_2. Эта информация о фазе может быть использована дляуточнении местоположения цели [16].

Недостатком данного изобретение является высокая вероятность, при разделении на промежутки получение одинаковых сигналов в 2 разных областях кабеля и, следовательно, ошибка при указании местоположения нарушителя.

1.2.8 Кабельный датчик обнаружения вторжений, система и способ.

Патент US 7576648 B2 «Кабельный датчик обнаружения вторжений, система и способ».Настоящее изобретение обеспечивает способ обнаружения для точной локализации злоумышленника вдоль длины кабеля датчика, а также для определения его расстояния от кабеля.

Более того, настоящее изобретение обеспечивает способ точно определить местонахождение нескольких одновременно происходящих вторжений.

Чтобы исключить влияние вариаций в чувствительности вдоль кабеля, настоящее изобретение предоставляет отдельный калиброванный порог для каждого метра кабеля, тем самым снижая затраты на установку, связанную с тщательным контролем и количеством кабелей, необходимых для участков с различной средах захоронения.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, предусмотрен способ обнаружения и местоположения пересечения в области, определенной с помощью кабеля датчика, содержащий: генерирование сигнала и передачи TX по первой линии передачи кабеля датчика, для создания электромагнитного поля; обнаружения RX сигнала, индуцированного во второй линии электропередачи кабеля электромагнитным полем и идентификации в RX сигнале контрнаправленного отражения, полученного от цели и сонаправленного отражения, полученного от дальнего конца (F) первой линии; и обработки контрнаправленного отражения для предоставления первой координаты (R) мишени, и обработки сонаправленного отражения для обеспечения второй координаты (Z) мишени.

В другом аспекте настоящего изобретения предложен способ для обнаружения и местоположения цели, пересекающего границу, включающий: развертывание кабеля датчика, имеющий первую и вторую линию передачи, по периферии области, представляющей интерес; генерирования первого сигнала

TX и передают первый сигнал TX над первой линии передачи кабеля; одновременно генерируют второй сигнал TX и передают второй сигнал TX по второй линии передачи кабеля датчика, для создания электромагнитного поля; обнаружение первого объединенного сигнала, в первой линии передачи и выделения первого сигнала RX от первого объединенного сигнала в первой линии передачи, вызванной целью потревожившей электромагнитное поле; преобразования первого сигнала RX в первый синфазный (I) и первый квадратурный (Q) компоненты для каждого из множества B диапазоне бункеров, соответствующих линейному расстоянию вдоль кабеля датчика; одновременно обнаружение второго сигнала, соединенный с второй линии передачи, и отделение второго сигнала RX со второго сигнала в сочетании второй линии передачи, вызванной целью потревожившей электромагнитное поле; преобразования второго сигнала RX в качестве второго синфазной (I) и второй квадратурной фазы (Q) компоненты для каждого из множества B диапазона бункеров, соответствующего линейного расстояния вдоль кабеля датчика; и обработку первого и второго I и Q компоненты для каждого диапазона бункеров для обнаружения цели и задания координат R и Z взлоумышленником, где R представляет собой линейный расстояние, измеренное вдоль кабеля, и ZR представляет собой отношение расстояния к первой и второй линий электропередачи [17].

Недостатком данного способа также является возможноесовпадание характеристик сигнала на разных участках линии и, соответственно, ошибка при указании координат места нарушения.

1.3 Цели и задачи дипломного проекта

Цель данного дипломного проекта:

Разработать надежный способ определения координат местоположения нарушителя.

Необходимо решить следующие задачи:

1) предложить вариант решения проблемы определения координат местоположения нарушителя;

2) исследовать влияние главных факторов при разработке системы

3) предложить оборудование для реализации способа определения координат местоположения нарушителя;

4) рассчитать стоимость интеллектуального труда при разработке системы;

5) рассчитать микроклимат и освещенность диспетчерской службы охраны периметра.

2 Предложенный метод обнаружения нарушителя

2.1 Принцип работы системы

2.1.1 Действияволныв разработанной методике.

Разработанная методика основывается на ответвлении движения волны, т.е. волна не движется в виде прямой линии к определенной точке. Основная мысль заключается в том, что у нас имеется 3 линии: 1 передающая и 2 приемные. Причем на приемных линиях приемники расположены на противоположных концах друг от друга. Это необходимо для того чтобы в определенной точке сигналы доходили до приемников в разное время. На основе чего и происходит обнаружение местоположения.

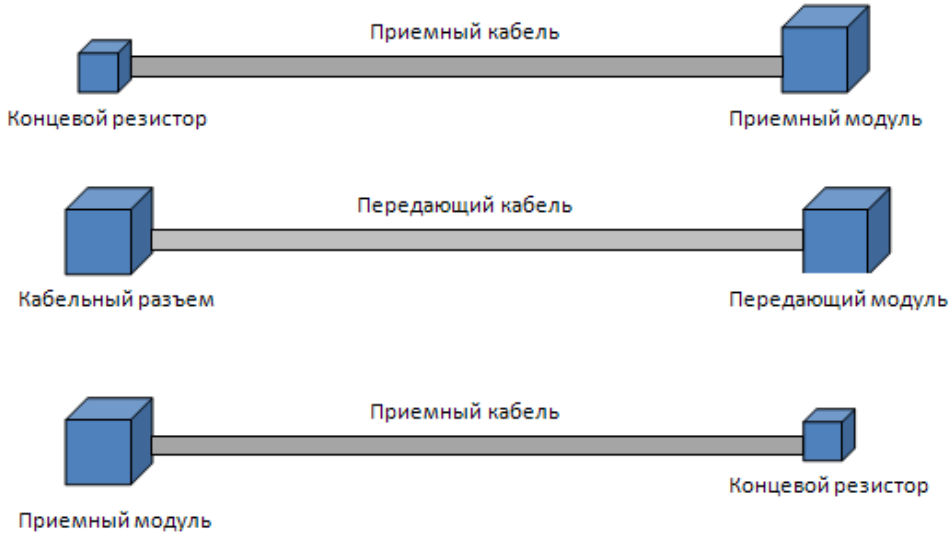

Рисунок 2.1 – Система обнаружения нарушителя

Принцип работы системы заключается в следующем. На рисунке 2.2 изображена эквивалентная схема главной и вторичной линий, слабо связанных между собой через два идентичных элемента связи, например, магнитной. В главной линии, нагруженной на произвольное сопротивление $Z_н$ и возбуждаемой генератором Е, имеют место как падающая, так и отраженная волны[20].

Действия падающей волны. В точке А небольшая часть мощности этой волны ответвляется из главной линии через элемент связи и поступает во вторичную линию в точке В. В этой точке возбуждаются две волны, движущиеся в противоположных направлениях вдоль вторичной линии, нагруженной на обоих концах на сопротивления, равные ее волновому сопротивлению [18].

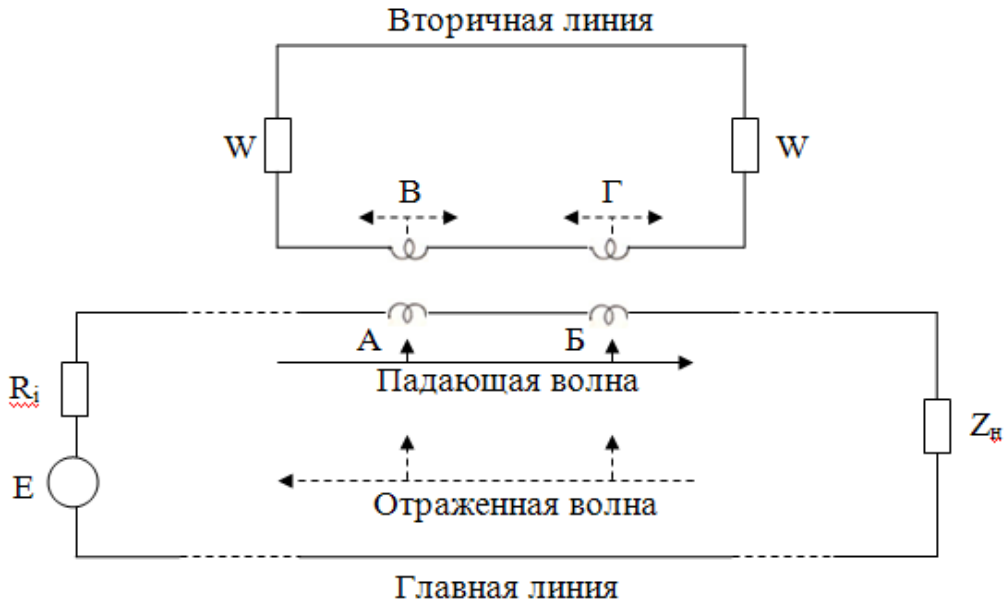

Рисунок 2.2 – Принцип работы системы

Точно так же небольшая часть энергии падающей волны ответвляется во вторичную линию в точке Б и возбуждает во вторичной линии две волны, из которых одна движется влево от точки Г, а другая вправо от нее. Таким образом, падающая волна возбуждает во вторичной линии по две волны, движущиеся в направлении каждого из концов этой линии.

Если элементы связи отстоят друг от друга на расстоянии λ/2, то обе волны, движущиеся вправо, совпадают по фазе и, следовательно, усиливают друг друга, так как пути АВГ и АБГ имеют одинаковую длину. При этом две волны, движущиеся влево, также совпадают по фазе,следовательно, они тоже усиливают друг друга, так как путь АБГВ больше пути АВ на отрезок, равный длине волны. В результате падающая волна возбуждает во вторичной линии волну, движущуюся к правому концу линии, где и поглощается нагрузкой Z=W. Поглощенная нагрузкой мощность пропорциональна мощности падающей волны в главной линии, причем коэффициент пропорциональности зависит от степени связи между линиями.

Точно таким же образом можно рассмотреть действие отраженной волны в главной линии. Подобно падающей волне отраженная волна возбуждает в точках Г и В вторичной линии две волны, движущиеся в направлении каждого из концов этой линии. Однако волны, движущиеся вправо, уничтожают, а волны, движущиеся влево, наоборот, усиливают друг друга. В результате отраженная волна в главной линии возбуждает во вторичной линии волну, движущуюся справа налево. Мощность, поглощаемая в левой нагрузке вторичной линии, пропорциональна мощности отраженной волны в главной линии [18].

Для расширения диапазона частот увеличивают число элементов связи и несколько изменяют расстояния между ними.

В нашем случае сигнал, проходящий по передающей линии, будет поступать на две приемные линии. Причина составления двух приемных линий заключается в том, что таким образом решается проблема не только обнаружения местоположения нарушителя, но и направление перехода их данной линии.

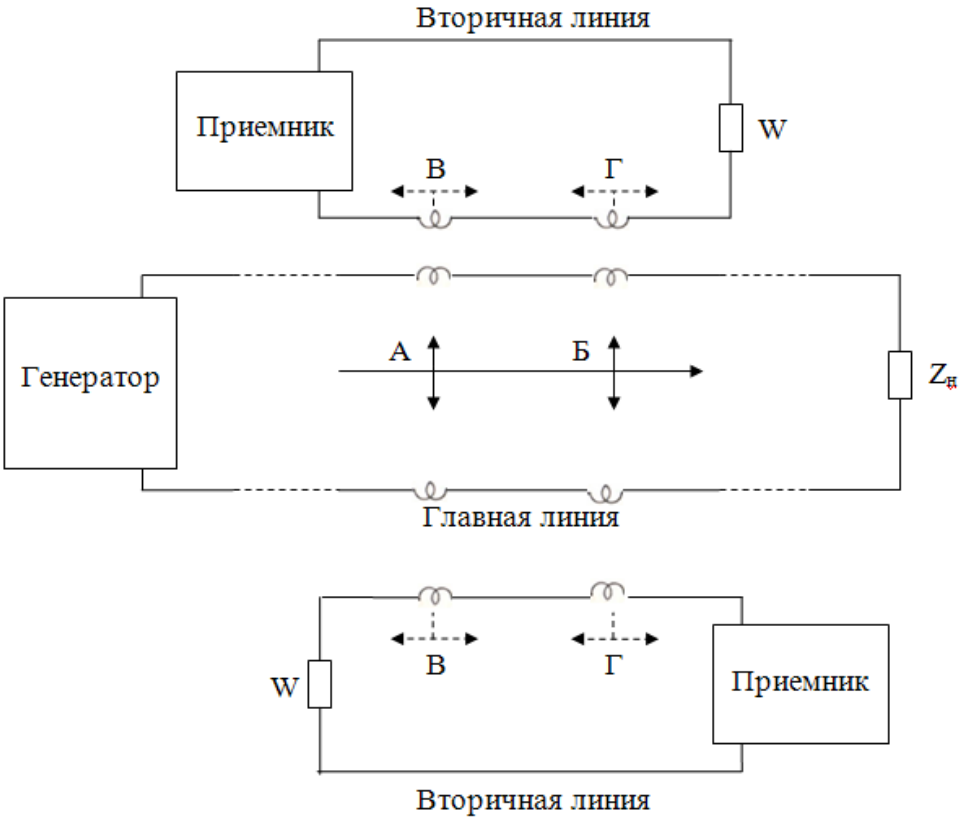

Рисунок 2.3 – Схема разработанной системы обнаружения нарушителя

При передаче идущих друг за другом импульсов, в определенный момент нарушитель пройдет через поле. При прохождении, амплитуда импульсов, на которые воздействовал нарушитель, изменится, при этом данные импульсы поступят на два приемника в разное время. Данная разность во времени послужит главным источником для получения информации о местоположении нарушителя. Программно можно будет рассчитать, на каком участке линии произошло воздействие на импульс, исходя из разницы времени поступления сигнала на приемник. Безусловно, для точности, сигналы различных частот должны быть синхронизированы. Данную проблему можно решить, если начать генерировать сигналы одновременно, а не друг за другом, т.е. сигналы будут изначально синхронизированы.

2.1.2 Кодирование импульсов.

Импульсы должны быть закодированы. Кодированный импульс дает возможность различать каждый импульс отдельно, т.е. приемник способен

будет различить, какой именно импульс он фиксирует в данный момент. Данная возможность будет ключевой в системе.

Кодирование может осуществляться различными линейными кодами. Для оптимизации спектра сигнала, подаваемого в линию связи, используется линейное кодирование [19].

Линейное кодирование обеспечивает:

1) минимальную спектральную плотность на нулевой частоте и ее ограничение на нижних частотах;

2) информацию о тактовой частоте передаваемого сигнала в виде дискретной составляющей, легко выделяемой на фоне непрерывной части спектра;

3) непрерывный спектр должен быть достаточно узкополосным для передачи через канал связи без искажений;

4) малую избыточность, для снижения относительной скорости передачи в канале связи;

5) минимально возможные длины блоков повторяющихся символов («1» или «0») и диспаритетность (неравенство числа «1» и «1» в кодовых комбинациях) [20].

Существуют различные виды линейного кодирования. У некоторых из них есть существенные недостатки.

NRZ - NonReturntoZerocode - основополагающий двухуровневый код без возвращения к нулю, может быть как двуполярным, так и однополярным.

Недостатки кода:

1) безызбыточность исключает возможность контроля за качеством работы регенераторов без прерывания связи и использования специальных испытательных сигналов, т.к. любые комбинации импульсов и пауз при таком кодировании являются разрешенными;

2) в спектре сигнала отсутствуют дискретные составляющие на тактовой частоте fT =1/T, либо кратных ей частотах. Затрудняется синхронизация приемного устройства установление границ тактовых интервалов;

3) возможность группирования импульсов и пауз в любом их сочетании приводит к значительному содержанию низкочастотных составляющих, вплоть до нулевой частоты, что усложняет обработку сигнала в приемном устройстве [20].

RZ - ReturntoZerocode - основополагающий трехуровневый код с возвращением к нулю.

В нем «1» передается импульсом, причем его длительность в два раза меньше (чтобы обеспечить запретные интервалы между элементарными сигналами). «0» - пауза. Формально полученный сигнал можно рассматривать, и как избыточный двоичный сигнал с тактовой частотой f_T =2/T.

Недостатки кода:

1) необходимость использования широкой полосы частот передачи из-за применения импульсов меньшей длительности;

2) преимущество кода в том, что источник оптического излучения работает меньше времени, поэтому степень деградации его параметров снижается;

3) первые два кода используются на линиях небольшой протяженности при отсутствии регенерационных участков [20].

Для снижения содержания в спектре сигнала низкочастотных компонентов применяются блочные коды.

MBNB - общее обозначение класса блочных кодов - где m - длина (в битах) блоков, на которые разбивается исходная ИКМ последовательность, а n - соответствующая им длина (в битах) блоков, составленных из кодовых символов. Из них наиболее широко используется класс 1B2B[20].

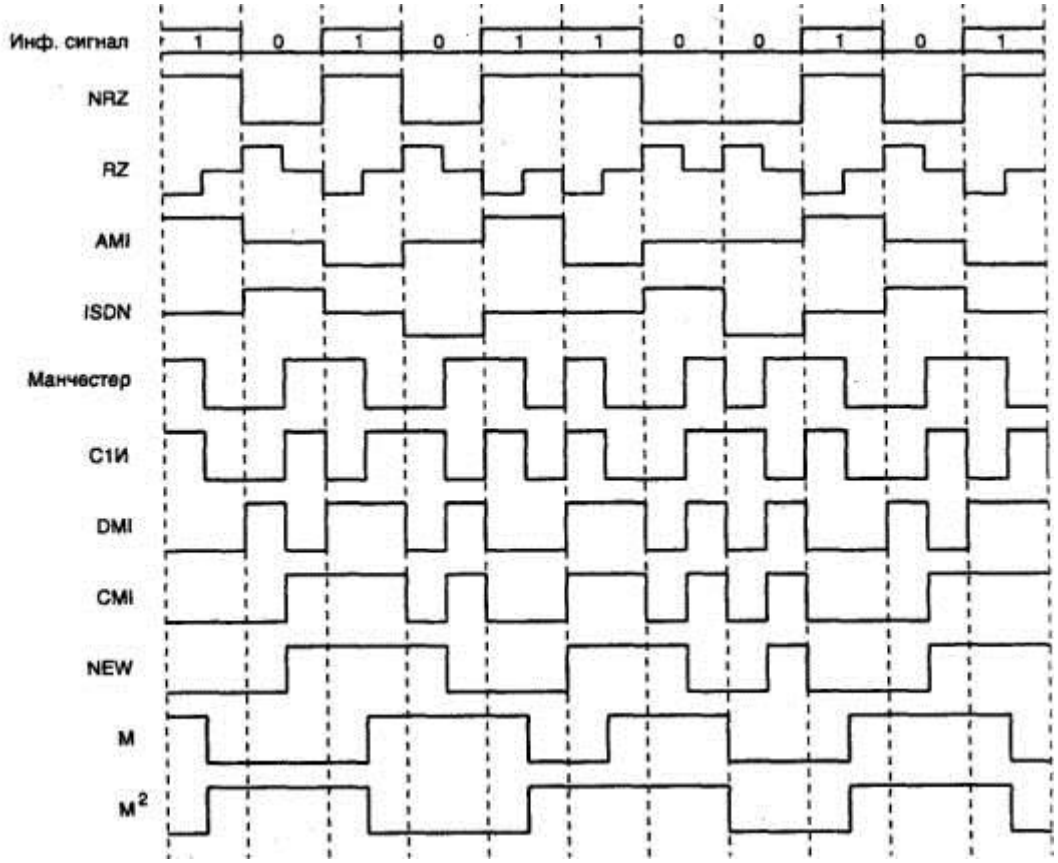

Рисунок 2.4 – Примеры кодирования линейными кодами

Из многих видов кодирования мною был выбран код CMI.

CMI - CodedMarkInversioncode – двухуровневый без возвращения к нулю двоичный код класса 1B2B с инверсией полярности кодовой комбинации на полный интервал на каждой «1» (т.е. каждой «1» ставится в соответствие либо комбинация «11», либо «00») и изменением полярности в середине каждого интервала «0» (т.е. каждому «0» ставится в соответствие дипульс «01») [20].

Основным преимуществом CMI является высокая надежность кода. Соответственно низкая вероятность того, что различные импульсы смогут быть одинаково закодированы.

Основная задача состоит в том, чтобы все импульсы были пронумерованы. На рисунке 2.5 представлен принцип кодирования импульсов. Каждому импульсу, по мере его возникновения, присваивается порядковый номер (1, 2, 3, 4 и т.д.). Затем номера данных импульсов переводятся из десятичной системы в двоичную систему. Далее данные последовательности кодируются кодом CMI. В данном виде они уже передаются по линии.

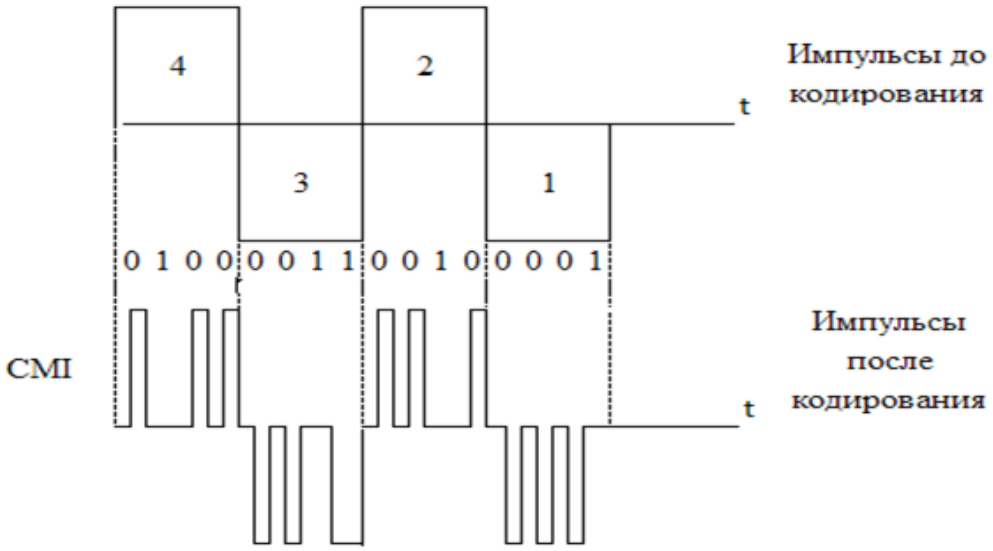

Рисунок 2.5 – Пример кодирования сигнала

В качестве основного метода передачи используется метод, при котором происходит разветвление сигнала на приемной линии.

2.2 Реализация системы на основе примера

Смоделируем ситуацию, что нарушитель пересек линию на расстоянии 75 м. от генератора (рисунок 2.6). Представим, что нарушитель воздействовал на 5 импульс. После его воздействия на данный импульс, амплитуда импульса изменилась. Именно за счет такого изменения приемники фиксируют воздействованный импульс. Данный импульс разветвляется и одновременно поступает на две приемные линии.

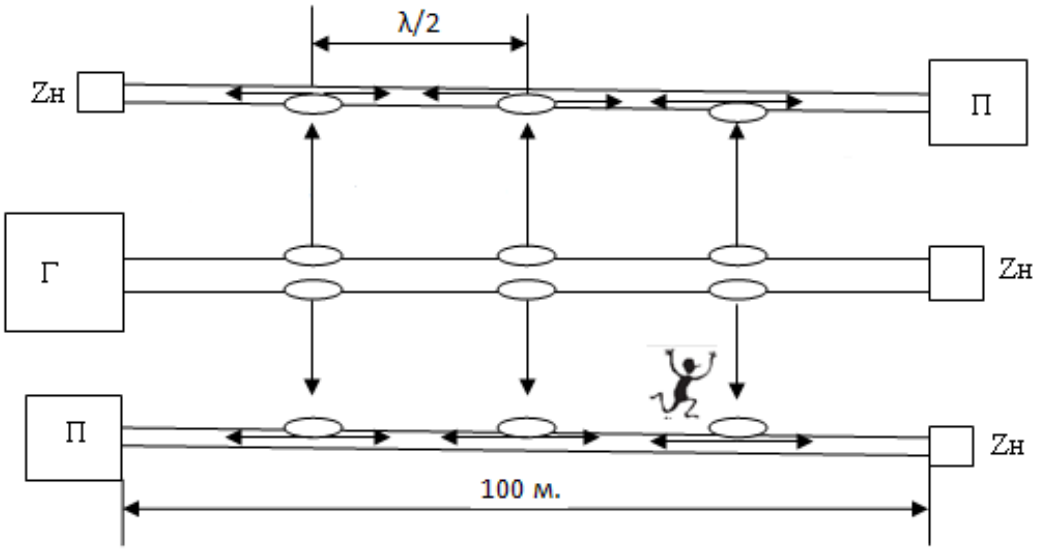

Рисунок 2.6 – Структурная схема системы обнаружения нарушителя

При этом нам известно, что в первой (верхней) приемной линии импульс движется вправо, в то время как во второй (нижней) линии импульс движется влево.

Известно, что длина всей линии составляет 100 м. Следовательно, можно вычислить время прохождения сигнала всей линии:

$$t = \frac{l}{c}, \tag{2.1}$$

где l – длина всего участка линии, м;
c – скорость света ($c=3\cdot10^8$ м/с).

$$t = \frac{100}{3 \cdot 10^8} = 0{,}33 \cdot 10^{-6}(\text{с}).$$

Вычислено что время прохождения сигнала линии составляет 0,33 мкс.

Т.к. нарушитель проходит 75 м. из 100 м., влево импульс будет идти 75% времени t, а вправо 25% времени t.

Следовательно, импульс в первой линии дойдет до приемника через 0,0825 мкс., а во второй линии за 0,2475 мкс.

Разница во времени составила 0,165 мкс. Данное значение подразумевает, что после того как данный импульс придет на приемник первой линии, то через 0,165 мкс. Тот же самый импульс придет на приемник второй линии.

Система также включает в себя счетчик, который начинает отсчет времени, как только импульс дойдет до первого приемника любой линии, т.е. будет отсчитыватьразницу во времени.

Теперь нам известно, что при $\Delta t=0{,}165$ мкс. Нарушитель находится на расстоянии 75 м. от начала линии.

При этом, нарушитель находится в 75 метрах только при условии что первым импульс пришел на приемник первой линии. Если импульс пришел первым на приемник второй линии, то нарушитель находится на расстоянии 25 метров.

Для удобства можно представить несколько моментов при обнаружении местоположения нарушителя:

1) если первый из двух импульсов доходит на приемник первой линии раньше, чем до приемника второй линии, значит, нарушитель находится во второй (правой) половине передающей линии;

2) если первый из двух импульсов доходит на приемник второй линии раньше, чем до приемника первой линии, значит, нарушитель находится в первой (левой) половине передающей линии;

3) если при попадании импульсом на два приемника $\Delta t=0$, то значит нарушитель находится в середине линии (50 м).

Проведя такие расчеты при других расстояниях можно составить таблицу связи разницы во времени и координатами нарушителя и записать ее в память анализатора, который в свою очередь будет сравнивать полученную разницу и предоставлять координаты цели.

2.3 Выводы

Кодирование CMI позволит различать каждый отдельный импульс сигнала. Метод ответвления кодированного сигнала:

1) обнаружение точного местоположения нарушителя;
2) определение направления движения нарушителя.

Система работает на основе отсчета разницы во времени приходящих на два приемника импульса. Полученную разницу во времени будет сравнивать полученную разницу и предоставлять координаты цели.

3 Расчет основных параметров системы обнаружения нарушителя

3.1 Расчета проходящей по фидеру мощности

Допустим, что имеется система из двух параллельных линий 1 и 2 (рисунок 3.1), не имеющих активных потерь и весьма слабо связанных между собой как индуктивно, так и емкостно. Индуктивная связь характеризуется коэффициентом взаимной индуктивности M_{12}, на единицу длины линии, емкостная связь – емкостью между линиями C_{12} на единицу длины линии Линия 1, волновое сопротивление которой равно W_1, является частью фидера, связывающего генератор с нагрузкой, сопротивление которой $Z_1 \neq W_1$. Таким образом, в линии 1 имеет место отражение энергии от конца линии. Линия 2 нагружена на концах сопротивлениями Z_{21} и Z_{22} [18].

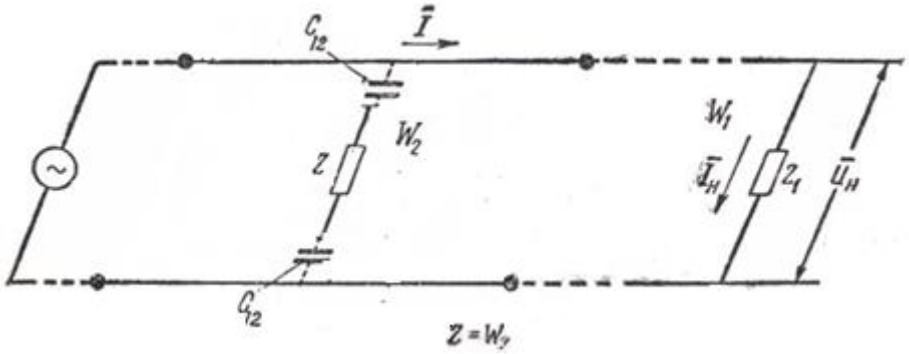

Рисунок 3.1 – Система из двух параллельных линий

В качестве мощности P, напряжения $U_н$, и тока $I_н$ были взяты мощность, напряжение и ток вырабатываемые генератором AFG 3000, т.е. P=225 мВт, $U_н$=15 В., $I_н$=15 мА. Волновые сопротивления W_1 и W_2 – это волновые сопротивления коаксиального кабеля LMR-400 равные 50 Ом. Расстояния l_2 и x одинаковы, т.к. предающая и приемная линии одной длины и равны 100 м. В качестве C_{12} взял емкость коаксиального кабеля 78,4 пФ. В данном расчете рабочий частотой является частота 48 МГц.

Относительная единица мощности [20]:

$$\alpha = 10 \lg \frac{P}{P_1}, \qquad (3.1)$$

где P1 – исходный уровень мощности, равный 1 мВт.

$$\alpha = 10 \lg \frac{225 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} = 23{,}522.$$

Если напряжение и ток на нагрузке обозначить соответственно через $U_н$ и $I_н$, то напряжение и ток в точке фидера, приходящейся против линии 2 и отстоящей от конца линии 1 на расстоянии x, будут равны [20]:

$$U' = U \cdot e^{i \cdot \alpha \cdot x}, \tag{3.2}$$

$$I' = I \cdot e^{i \cdot \alpha \cdot x}. \tag{3.3}$$

При этом,

$$U = \frac{U_н + I_н \cdot W_1}{2}; \tag{3.4}$$

$$U=15+15\cdot10-3\cdot502=7{,}875 \text{ (В)};$$

$$I = \frac{U}{W_1}; \tag{3.5}$$

$$I = \frac{7{,}875}{50} = 0{,}158 \text{ (А)}.$$

Следовательно,

$$U' = 7{,}875 \cdot e^{i \cdot 23{,}522 \cdot 100} = \text{-}5{,}076+j6{,}021 \text{ (В)};$$

$$I' = 0{,}158 \cdot e^{i \cdot 23{,}522 \cdot 100} = \text{-}0{,}102+j0{,}12 \text{ (А)};$$

$$M_{12} = C_{12} \cdot W_1 \cdot W_2; \tag{3.6}$$

$$M_{12} = 78 \cdot 10^{-12} \cdot 50 \cdot 50 = 2{,}5 \cdot 10^{-7}.$$

Учитывая все условия, получил, что:

$$I_z = \frac{j \cdot \omega \cdot l_2}{2 \cdot W_2} \cdot (W_2 \cdot C_{12} \cdot W_1 + M_{12}) \cdot I \cdot e^{i \cdot \alpha \cdot x}, \tag{3.7}$$

$$I_z = \frac{j \cdot 3{,}016 \cdot 10^5 \cdot 100}{2 \cdot 50} \cdot (50 \cdot 78 \cdot 10^{-12} \cdot 50 + 2{,}5 \cdot 10^{-7}) \cdot 0{,}158 \times$$

$$\times e^{i \cdot 23{,}522 \cdot 100} = -0{,}018 - j0{,}015 \text{ (А)}.$$

Иначе говоря, ток I_z пропорционален только току I [20].

При выполнении условия (3.6) мощность, ответвляющаяся в направлении сопротивления $Z=W_2$, будет полностью поглощаться последним. Эта мощность P_z, пропорциональна $(I_z)^2$, пропорциональна также $(I)^2$ или, иначе говоря, мощности P.

$$P_z = (|I_z|)^2 \cdot W_2, \tag{3.8}$$

$$P_z = (|-0{,}018 - j0{,}015|)^2 \cdot 50 = 0{,}028 \text{ (Вт)}.$$

Проведя данный расчет для других частот, будут получены различные значения мощности, соответствующие данным частотам.

Исходя из полученных данных, была составлена таблица 3.1 зависимости мощности от частоты.

Т а б л и ц а 3.1 – Зависимость мощности от частоты

Частота, МГц	Мощность, мВт
3	0,1999
6	0,799
12	2,845
24	8
48	28
96	205

На основе таблицы 3.1 был составлен график зависимости мощности от частоты, представленный на рисунке 3.2.

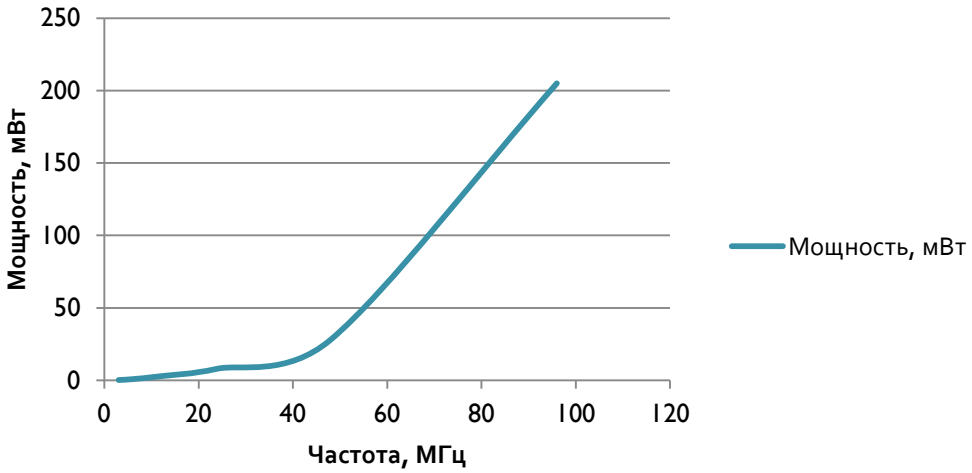

Рисунок 3.2 – Зависимость мощности от частоты

3.2 Расчет волноводно-щелевой антенной решетки резонансного типа

3.2.1 Основные параметры для расчета.

Для расчёта антенны выбирается коаксиальный волновод. Выбран волновод LMR-400 со следующими параметрами:

- частота 48 МГц;
- диаметр волновода x = 0,08636 м;
- затухание для медных стенок на частоте 48 МГц. 0,02 ДБ/м;
- ширина ДН по уровню половинной мощности (градусы) 2,7.

3.2.2 Основные параметры волноводно – щелевой антенны.

Критическая длина волны [21]:

$$\lambda_{кр} = 2 \cdot x, \tag{3.9}$$

$$\lambda_{кр} = 2 \cdot 0{,}08636 = 0{,}015 \text{ (м)}$$

Резонансная длина волны [21]:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0}, \tag{3.10}$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \cdot 10^8}{48 \cdot 10^6} = 6{,}25 \text{ (м)}.$$

Длина волны в волноводе [21]:

$$\lambda_в = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_{кр}}{\lambda_0}\right)^2}}, \tag{3.11}$$

$$\lambda_в = \frac{6{,}25}{\sqrt{1 - \left(\frac{0{,}015}{6{,}25}\right)^2}} = 6{,}25 \text{ (м)}.$$

Расстояние между щелями [21]:

$$d = \frac{\lambda_в}{2}, \tag{3.12}$$

$$d = \frac{6{,}25}{2} = 3{,}125 \text{ (м)}.$$

Количество щелей находится из формулы [21]:

$$2D\Theta_{0.5} = \frac{51 \cdot \lambda_в}{H \cdot d}, \quad (3.13)$$

Отсюда

$$H = \frac{51 \cdot 6{,}25}{2 \cdot 2{,}7 \cdot 3{,}125} = 19.$$

Ширина щели выбирается исходя из условий обеспечения необходимой электрической прочности и требуемой полосы пропускания. Нашел ширину щели из условия[21]:

$$d_1 = \frac{d}{10}, \quad (3.14)$$

$$d_1 = \frac{3{,}125}{10} = 0{,}313 \text{ (м)}.$$

Предельно допустимая мощность электромагнитной энергии, проходящей по волноводу [21]:

$$P_{пр} = \frac{\pi \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 \cdot E_{пр}^2}{1{,}51} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2 \cdot x}\right)^2}, \quad (3.15)$$

где $E_{пр}$ - предельно допустимая напряженность электрического поля в волноводе ($E_{пр}$=1,37×10^3 кВ/см).

$$P_{пр} = \frac{\pi \cdot \left(\frac{0{,}08636}{2}\right)^2 \cdot (1{,}37 \cdot 10^3)^2}{1{,}51} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{6{,}25}{2 \cdot 0{,}08636}\right)^2} = 38{,}915 \text{ (Вт)}.$$

Внешняя проводимость излучения щели в волноводе [21]:

$$G = \frac{0{,}9 \cdot Z}{2 \cdot (60 \cdot \pi)^2}, \quad (3.16)$$

где Z – волновое сопротивление коаксиального кабеля.

$$G = \frac{0{,}9 \cdot 50}{2 \cdot (60 \cdot \pi)^2} = 6{,}333 \cdot 10^{-4} (\text{См}).$$

Амплитуда напряжения в пучности при равномерном амплитудном распределении по раскрыву антенны [21]:

$$U_m = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{пр}}{H \cdot G}}\ , \tag{3.17}$$

$$U_m = \sqrt{\frac{2 \cdot 38{,}915}{19 \cdot 6{,}333 \cdot 10^{-4}}} = 80{,}428\ (\text{В}).$$

Так как пробивное напряжение для щели меньше этого значения, то и предельная мощность, излучаемая антенной, будет меньше предельной мощности энергии, проходящей по волноводу. Из последней формулы можно выразить предельную мощность, излучаемую антенной, подставляя в качестве U_m пробивное напряжение для щели:

$$P_{ант} = \frac{U_m^2 \cdot H \cdot G}{2}\ , \tag{3.18}$$

$$P_{ант} = \frac{80{,}428^2 \cdot 19 \cdot 6{,}333 \cdot 10^{-4}}{2} = 38{,}915\ (\text{Вт}).$$

Для нахождения смещения щели относительно середины широкой стенки волновода рассчитывается (энергетическим методом) эквивалентная нормированная проводимость n-й щели [21]:

$$g_n = \frac{g_{вх} \cdot f^2(z_n)}{\sum_{n=1}^{H} f^2(z_n)} = \frac{1}{H}\ , \tag{3.19}$$

где $g_{вх}$ - входная проводимость антенны;

$f(z_n)$ - амплитудное распределение.

$$g_n = \frac{1}{19} = 0{,}053.$$

Смещение щели относительно середины стенки волновода [21]:

$$x_1 = \frac{x}{\pi} \cdot \arcsin\left(\sqrt{\frac{g_n}{2{,}09 \cdot \frac{\lambda_в}{\lambda_0} \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{\lambda_0}{\lambda_{кр}}\right)}}\right), \quad (3.20)$$

$$x_1 = \frac{0{,}08636}{\pi} \cdot \arcsin\left(\sqrt{\frac{0{,}053}{2{,}09 \cdot \frac{6{,}25}{6{,}25} \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{6{,}25}{0{,}015}\right)}}\right) = 0{,}011 \text{ (м)}.$$

Длина антенны [21]:

$$L = H \cdot d, \quad (3.21)$$

$$L = 19 \cdot 3{,}125 = 59{,}375 \text{ (м)}.$$

Коэффициент направленного действия антенны [21]:

$$D_0 = g_0 \cdot \left(3 + \frac{\lambda_в \cdot \nu \cdot H}{\lambda_0}\right), \quad (3.22)$$

где g_0=1 – номинальный коэффициент усиления;
υ=2 – коэффициент υ, при f_0=48 МГц.

$$D_0 = 1 \cdot \left(3 + \frac{6{,}25 \cdot 2 \cdot 19}{6{,}25}\right) = 41.$$

Коэффициент полезного действия антенны [21]:

$$\eta = e^{-2\alpha L} \cdot \left(\frac{6 \cdot \alpha \cdot L}{1 - e^{-2\alpha L}}\right), \quad (3.23)$$

$$\eta = e^{-2 \cdot 0{,}02 \cdot 59{,}375} \cdot \left(\frac{6 \cdot 0{,}02 \cdot 59{,}375}{1 - e^{-2 \cdot 0{,}02 \cdot 59{,}375}}\right) = 0{,}731.$$

Коэффициент усиления антенны [21]:

$$G_y = D_0 \cdot \eta, \quad (3.24)$$

$$G_y = 41 \cdot 0{,}731 = 29{,}958.$$

Ниже представлено окно программы для приведенных выше расчетов, в приложении А представлен полный листинг программы на языке Pascal.

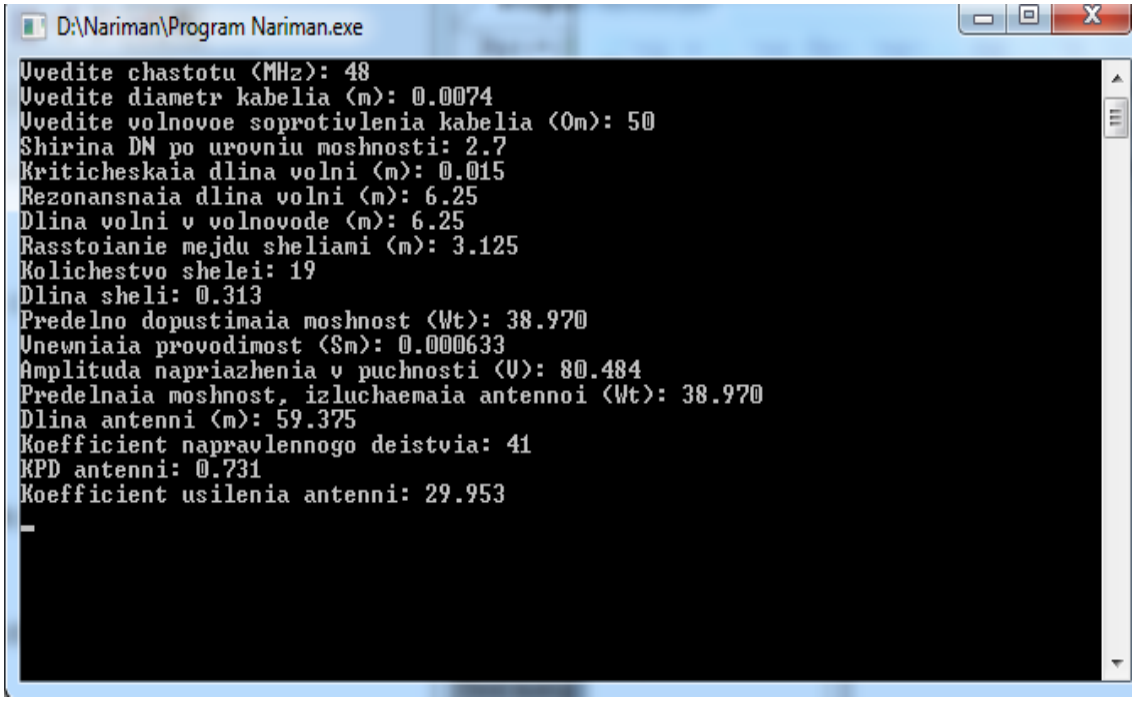

Рисунок 3.3 - Листинг программы Pascal

3.2.3 Диаграмма направленности антенны.

Диаграмма направленности антенны [22]:

$$F_n(\theta) = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \sin(\theta)\right)}{\cos(\theta)} \cdot \frac{\sin\left(\frac{H \cdot \psi}{2}\right)}{H \cdot \sin\left(\frac{\psi}{2}\right)}, \qquad (3.25)$$

где

$$\psi = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda_0} \cdot d \cdot \sin(\theta). \qquad (3.26)$$

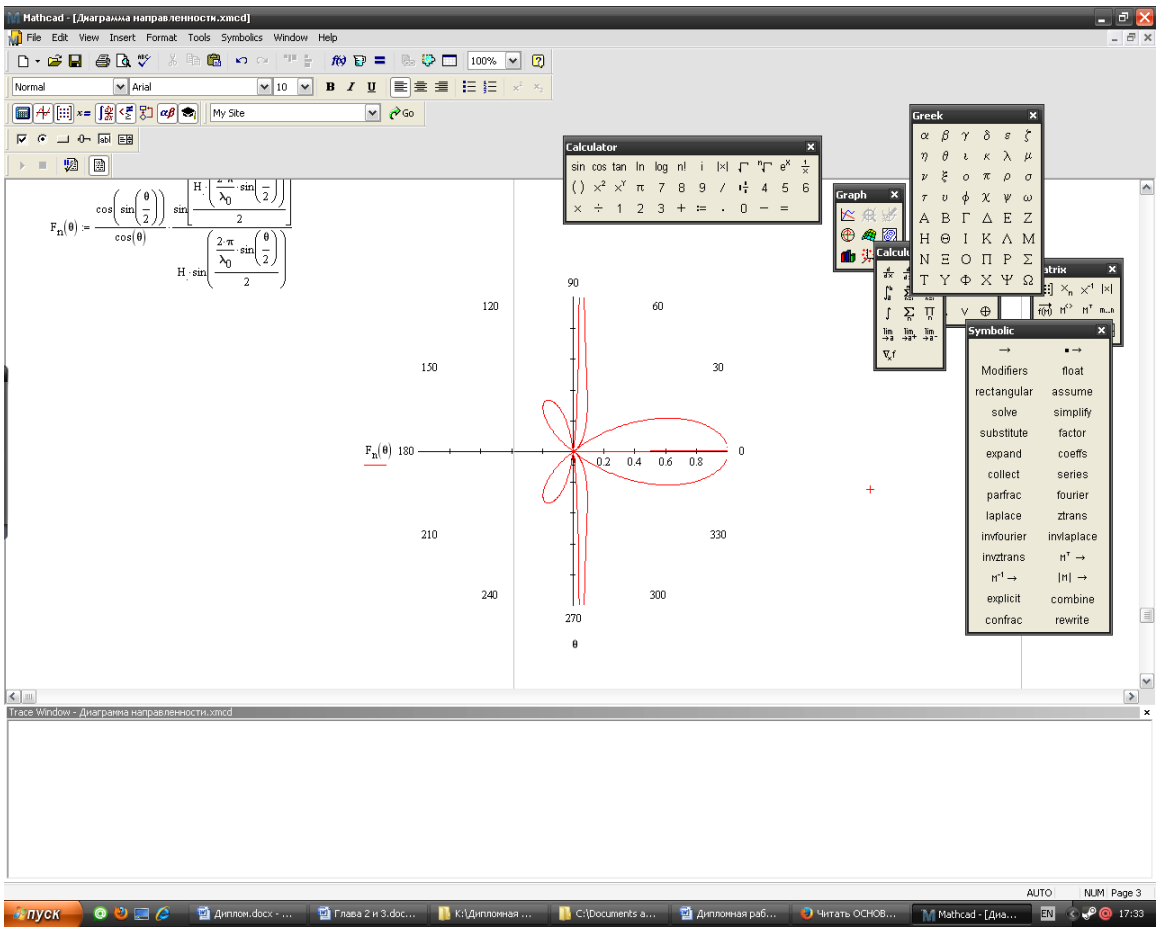

Рисунок 3.3 – Окно расчетов диаграмм направленностей в программе Mathcad14

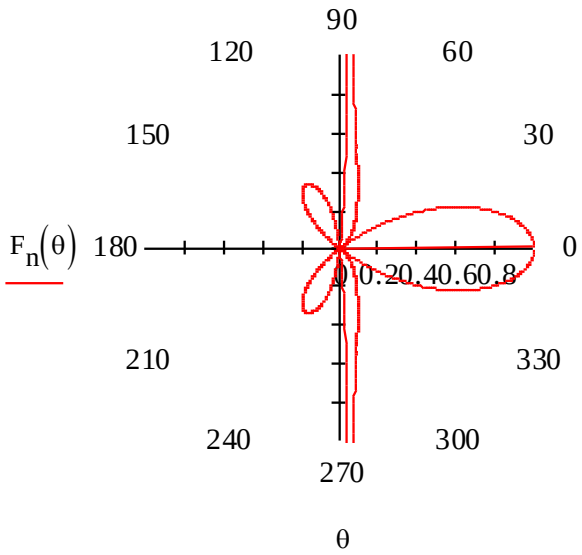

Рисунок 3.4 – Диаграмма направленности антенны

3.3 Выводы

Произведен расчет основных параметров системы обнаружения нарушителя с рабочей частотой 48 МГц, рассчитаны промежуточные переменные, которые позволили определить проходящую по фидеру мощность, которая равна 51 мВт. Построен график, на котором показано, что при увеличении частоты увеличивается проходящая мощность.

Рассчитаны параметры волноводно – щелевой антенны и ее диаграмма направленности. Исходя из рассчитанных данных, щели будут находиться на расстоянии 3,125 м. друг от друга, количество щелей будет составлять 19, ширина щели составит0,313 м. КПД антенны 73%. Дальность действия антенны составит 1 м.

4 Реализация радиоволновой системы обнаружения нарушителя

Для реализации радиоволновой системы обнаружения нарушителя необходимы следующие компоненты:

1) генератор импульсных сигналов;
2) коаксиальный кабель;
3) приемник.

Также необходимо учитывать несколько технических переменных:

1) рабочая частота;
2) антенны;
3) воздействие нарушителя;
4) обслуживание системы.

Задача правильного выбора рабочей частоты состоит в правильном определении конкретного ее предназначения. Нужно учитывать, что основной целью использования частоты является эффективная работа всей системы. В данном случае выбор рабочей частоты обусловлен протяженностью линии и частотой работы генератора. Безусловно, должна учитываться точность измерения т.к. при увеличении частоты повышается точность определения местоположения нарушителя. Исходы из всех данных рабочей частотой была выбрана частота 48 МГц. Данная частота обеспечивает точность до 5м.

4.1 Генератор импульсных сигналов

Основными критериями выбора генератора были:

1) возможность генерирования импульсных сигналов;
2) диапазон частот должен включать частоты 3 МГц до 100 МГц;
3) высокая производительность.

Данным критериям отвечает генераторсигналов произвольной формы серии AFG 3000 фирмы Tektronix.

Для точного выбора генератора необходимо знать точные характеристики данной серии.

Т а б л и ц а 4.1 – Основные характеристики генераторов серии AFG 3000[23]

Параметры	AFG3011C	AFG3051C, AFG3052C	AFG3101C, AFG3102C	AFG3251C, AFG3252C
Синусоидальный сигнал	От 1 мкГц до 10 МГц	От 1 мкГц до 50 МГц	От 1 мкГц до 100 МГц	От 1 мкГц до 240 МГц

Продолжение таблицы 4.1 - Основные характеристики генераторов серии AFG 3000

Параметры	AFG3011C	AFG3051C, AFG3052C	AFG3101C, AFG3102C	AFG3251C, AFG3252C
Максимальная эффективная частота выходного сигнала	10 МГц	50 МГц	100 МГц	240 МГц
Неравномерность АЧХ	<5 МГц: ±0,15 дБ ≥5 МГц до 10 МГц: ±0,3 дБ	<5 МГц: ±0,15 дБ ≥5 МГц до 45 МГц: ±0,3 дБ ≥45 МГц до 50 МГц: ±0,5 дБ	<5 МГц: ±0,15 дБ ≥5 МГц до 25 МГц: ±0,3 дБ ≥5 МГц до 100 МГц: ±0,5 дБ	<5 МГц: ±0,15 дБ ≥5 МГц до 25 МГц: ±0,3 дБ ≥25 МГц до 100 МГц: ±0,5 дБ ≥100 МГц до 200 МГц: ±1,0 дБ ≥200 МГц до 240 МГц: ±2,0 дБ
Импульсный сигнал диапазон частот	от 1 мГц до 5 МГц	от 1 мГц до 40 МГц	от 1 мГц до 50 МГц	от 1 мГц до 120 МГц
Длительность импульса	От 80,00 нс до 999,99 с	От 12 нс до 999,99 с	От 8,00 нс до 999,99 с	От 4,00 нс до 999,99 с
Длительность фронта	От 50 нс до 625 с	От 7 нс до 625 с	От 5 нс до 625 с	От 2,5 нс до 625 с
Амплитуда Диапазон, нагрузка 50 Ом	от 20 мВ $_{пик-пик}$ до 20 $В_{пик-пик}$	от 10 мВ $_{пик-пик}$ до 10 $В_{пик-пик}$	от 20 мВ $_{пик-пик}$ до 10 $В_{пик-пик}$	≤200 МГц: от 50 мВ $_{пик-пик}$ до 5 $В_{пик-пик}$> 200 МГц от 50 мВ $_{пик-пик}$ до 4 $В_{пик-пик}$

Исходя из данной таблицы в качестве генератора была выбрана модель AFG3251C, как самая подходящая по заданным параметрам.

4.2Коаксиальный кабель

Основными критериями выбора коаксиального кабеля было:

1) низкие потери;
2) защита от неблагоприятных погодных условий;
3) экранировка;
4) пиковая мощность;
5) граничная частота.

Основная разница между различными кабелями является затухание. Поэтому критерием выбора коаксиального кабеля был именно этот параметр.

Т а б л и ц а 4.2 – Затухание кабеля LMR-400 [24]

Частота, МГц	Затухание, dB/100м	Средняя мощность, кВт
30	2,2	3,3
50	2,9	2,6
150	5	1,5
220	6,1	1,2
450	8,9	0,83
900	12,8	0,58
1500	16,8	0,44
1800	18,6	0,4
2000	19,6	0,37
2500	22,2	0,33

Т а б л и ц а 4.3 – Затухание кабеля RG-58 C/U [25]

Частота, МГц	Затухание, дБ/100м
10	4,9
50	10,9
100	15,5
200	24,5
400	34,8
600	39,6
860	56,4
1000	60,5

Т а б л и ц а 4.4 – Затухание кабеля RG-58 [26]

Частота, МГц	Затухание, дБ/100м
50	11,3
100	16
200	25,7
500	41
800	51,9
1000	60

Т а б л и ц а 4.5 – Затухание кабеля LMR-240[27]

Частота, МГц	Затухание, дБ/100м
30	4,4
50	5,7
150	9,9
220	12
450	17,3
900	24,8
1500	32,4
1800	35,6
2000	37,7
2500	42,4
5800	66,8

Исходя из данных характеристик был выбран кабель LMR-400. Данный кабель отвечает не только параметру затухания но и остальным характеристикам.

Гибкость: Имея минимальный радиус изгиба менее трех сантиметров, кабель LMR-400 может быть без значительных проблем проложен в самых труднодоступных местах. Использование наружного экрана из алюминиевой ленты обеспечивает великолепную гибкость LMR-400 по сравнению с кабелями, экранированными гофрированным или гладким медным листом.

Низкие потери: LMR-400 имеет самые низкие потери из всех кабелей типа RG8/RG213. Это достигнуто благодаря использованию вспененного под высоким давлением диэлектрика с закрытыми порами и сплошной экранировки алюминиевой лентой.

Защита от неблагоприятных погодных условий: Внешняя оболочка из стойкого к ультрафиолету черного полиэтилена делает кабель прочным и устойчивым к всему спектру климатических условий. Версия DB дополнительно содержит материал, предотвращающий миграцию воды по наружной оплетке, что эффективно защищает кабель от влаги и предотвращает коррозию даже в случае небольших повреждений наружной оболочки. Кабель выпускается с различными типами наружной оболочки, что позволяет использовать его в условиях, предъявляющих специальные требования.

Экранировка: Наружный экран из приваренной к вспененному диэлектрику алюминиевой ленты обеспечивает экранировку более 90 dB (взаимная изоляция совместно проложенных кабелей более 180 dB).

Фазовая стабильность: Монолитная структура и вспененный диэлектрик кабелей серии LMR обеспечивает великолепную стабильность фазового сдвига, как при изменении температуры, так и при изгибе.

Из данного кабеля будет изготовлена волноводно-щелевая антенна, вокруг которой будет генерироваться поле [24].

Т а б л и ц а 4.6 – Конструктивные характеристики коаксиального LMR-400 [24]

Деталь	Материал	Диаметр
Центральный проводник	Омедненный алюминий	2.74 мм
Диэлектрик	Вспененный полиэтилен	7.24 мм
Внешний проводник	Алюминиевая лента	7.39 мм
Внешняя оплетка	Луженая медь	8.13 мм
Стандартное внешнее покрытие	Черный полиэтилен	10.29 мм

Т а б л и ц а 4.7 – Электрические характеристики коаксиального кабеля LMR-400 [24]

Параметр	Значение
Граничная частота	16.2 GHz
Коэффициент укорочения	0.85
Пробивное напряжение	2,500 V
Пиковая мощность	16 кВт
Сопротивление постоянному току:	
Центральный проводник	4.56 ом/км
Оплетка	5.41 ом/км
Напряжение пробоя оболочки	8,000 VRMS
Емкость	78.40 пФ/м
Индуктивность	0.20 мкГн/м
Экранировка	>90 dB
Фазовая стабильность	<10 * 10-6/ oC

Т а б л и ц а 4.8 – Технические характеристики коаксиального кабеля LMR-400 [24]

Модель	Описание	Диаметр, мм	Потери dB на 30 метров на частоте МГц					
			40	160	300	450	900	1200
LMR-400	Стандартный	10,3	0,7	1,5	2,19	2,7	3,9	4,9

4.3Приемник

Критерии выбора приемника идентичны критериям выбора генератора. Основными критериями выбора приемника:

1) возможность генерирования импульсных сигналов;
2) диапазон частот должен включать частоты 3 МГц до 100 МГц;
3) высокая производительность.

Основной выбор стоял между приемниками AR 8600, AR 6000 иAR 5001.

Т а б л и ц а 4.8 – Технические характеристики AR 8600 [28]

<table>
<tr><td>Параметр</td><td colspan="5">Значение</td></tr>
<tr><td>Диапазон частот (МГц)</td><td colspan="5">0.53...2040</td></tr>
<tr><td>Виды модуляции</td><td colspan="5">SSB (USB, LSB), AM (wide,normal,narrow), CW, FM (normal, narrow), WFM</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Чувствительность (мкВ) (SSB,CW,AMпри 10дБS/N, FM, WFMпри 12дБSINAD)</td><td>Диапазон (МГц)</td><td>SSB</td><td>AM</td><td>NFM</td><td>WFM</td></tr>
<tr><td>0,53-2</td><td>-</td><td>3,5</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>2,0 - 30</td><td>1,5</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>30 - 470</td><td>0,3</td><td>0,7</td><td>0,35</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1000 – 1300</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td></tr>
<tr><td>1300 - 2039</td><td>-</td><td>-</td><td>2,5</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Скорость сканирования</td><td colspan="5">37 шагов перестройки частоты в секунду</td></tr>
<tr><td>Напряжение питания/ток потребления</td><td colspan="5">10,8 – 16 В / 400 мА (типовое)</td></tr>
</table>

Т а б л и ц а 4.9 – Технические характеристики AR 6000 [29]

Параметр	Значение
Перекрываемый частотный диапазон	9 кГц – 6 ГГц
Разрешающая способность по частоте	1 Гц (2 Гц для частот выше 3,15 ГГц)
Диапазон выбора шага настройки	1 Гц – 999.999 кГц, (2 Гц для частот выше 3,15 ГГц)
Модуляция принимаемых сигналов	USB/LSB, CW, AM, FM, WFM, FM-stereo,
Количество генераторов VFO	5 (от A до E)
Нестабильность частоты	Не более $\pm 0{,}1\times 10^{-6}$ (через 5 мин. прогрева) Не более $\pm 0{,}01 \times 10^{-6}$ (по сигналам GPS)
Количество каналов памяти	2000 (по 50 каналов в каждом из 40 банков)
Количество банков	40 (каждый может вмещать 5 - 95 каналов)

Продолжение таблицы 4.1 -Технические характеристики AR 6000

Параметр	Значение
Прохождение частот	1200 частот или 1200 частотных полос, 30 частот (полос) ×40 банков
Количество приоритетных каналов	1
Количество выбираемых каналов	100 (по всем банкам)
Скорость сканирования	100 каналов в секунду
Импеданс антенны	50 Ом
Диапазон рабочих температур	от 0°C до +50°C
Источник питания	10.7 – 16,0 В постоянного тока, 2 А
Потребляемый ток	В дежурном режиме: 200 мА В режиме максимальной громкости: 1,5 А
Выходная мощность звукового сигнала	Не менее 1,5 Вт на нагрузке 8 Ом при коэффициенте нелинейных искажений 10%
Заземление	Минус на земле
Габариты	304 мм (Г) × 220 мм (Ш) × 97 мм (В)
Масса	5 кг

Исходя данных параметров, был выбран приемник AR 8600. Основным критерием стала стоимость приемника, т.к. чем больше диапазон частот, тем выше цена приемника.

4.4Выводы

Для данной радиоволновой системы обнаружениянарушителя выбраны наиболее подходящие генератор, приемники, коаксиальные кабели, подобран рабочий диапазон. При разработке учтены главные технические переменные, необходимые для правильной реализации системы. В качестве используемого оборудования было выбрано следующее оборудование:

1) генератор AFG3251C;
2) коаксиальный кабель LMR-400;
3) приемник AR 8600;
4) антенна (щелевая антенна сделанная из коаксиального кабеля).

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Краткая характеристика условий работы оператора

Диспетчерская представляет собой помещение размером, которое примерно, 8 м × 12 м × 3,5 м. В этом помещении находятся 8-9 операторов. Соответственно на каждого по компьютеру.

В условия работы оператора входит постоянная работа с компьютером. По причине постоянного наблюдения за системой охраны, удаленной настройке оборудования и заполнения отчетов о проделанной работе.

В функции работы оператора входит мониторинг системы охраны периметра, своевременное сообщение о взломе в полицию, отдать распоряжение отряду быстрого реагирования о выезде на место. Также писать ежедневные отчеты о случаях нарушения, следить за работоспособностью оборудования. В случае неполадок в системе сообщать обо всех неисправностях техникам, отвечающим за данное оборудование.

Чтобы обеспечивалось удобство зрительного наблюдения, быстрое и точное считывание информации, плоскость экрана монитора располагается ниже уровня глаз работника предпочтительно перпендикулярно к нормальной линии взгляда работника (нормальная линия взгляда – 15 градусов вниз от горизонтали).

Для исключения воздействия повышенных уровней электромагнитных излучений расстояние между экраном монитора и работником должно составлять не менее 500 мм (оптимальное 600-700 мм) [31].

Применяемые подвижные подставки для документов (пюпитры) размещаются в одной плоскости и на одной высоте с экраном.

Работа с ПК зачастую происходит в помещениях с искусственным освещением, которое должно обеспечивать правильную работу глаз и приближать к оптимальным условиям зрительное восприятие, какое бывает при естественном солнечном освещении.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важно уделять внимание освещению [32].

Человек имеет как центральное, так и периферийное зрение. Первое — для восприятия цветов и объектов малых размеров, второе — для восприятия окружающего фона и крупных объектов. Центральное зрение требует больших

яркостей, а палочковое действует в сумерках или полумраке. Учитывая, что при работе с дисплеями задействовано именно центральное зрение, становится понятной необходимость достаточного освещения помещения, в котором находится компьютер. Самые общие правила организации освещения заключаются в следующем: нужно избегать большого контраста между яркостью экрана и окружающего пространства (оптимальным считается их выравнивание); запрещается работа с компьютером в темном или полутемном помещении [32].

Основной поток естественного света должен быть слева. Ориентация оконных проемов должна быть на север или северо-восток. Не допускается направление основного светового потока естественного света сзади и спереди работающего на ПЭВМ. При двустороннем освещении при глубине помещения кабинета более 6 м обязательно устройство правосторонней подсветки, которая должна находиться на высоте не менее 2,2 м от пола.

В осветительных установках кабинета информатики должна быть использована система общего освещения, выполненная потолочными или подвесными люминесцентными светильниками, равномерно размещенными по потолку рядами в виде сплошных линий с двух сторон от рабочего стола с ПЭВМ. Светильники, а также оконные проемы не должны отражаться на экранах ПЭВМ.

Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, должны быть ориентированы преимущественно на север и северо-восток. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа жалюзи, занавеси, внешние козырьки и др.

В качестве источников света рекомендуется использовать люминесцентные лампы мощностью 40, 58 Вт или энергоэкономичные лампы мощностью 36 Вт типа ЛБ, ЛХБ как наиболее эффективные и приемлемые с точки зрения спектрального состава.

Источники света необходимо равномерно распределять по комнате, компонуя в сплошные или прерывистые линии. Линии должны располагаться сбоку от рабочих мест параллельно линии зрения пользователя — при рядном размещении компьютеров; локализование над рабочим столом — при размещении рабочих мест по периметру помещения.

Если деятельность пользователя является комбинированной, т. е. предполагает работу как с компьютером, так и с документами, на рабочие места необходимо устанавливать источники местного освещения — настольные лампы с регулируемым наклоном плафона и регулируемой яркостью. В этом случае надо следить, чтобы свет от лампы не действовал раздражающе и не создавал бликов на экране [33].

5.2 Расчет воздухообмена в помещении

Обеспечение оптимальных для жизнедеятельности человека параметров микроклимата и воздушной среды осуществляется с помощью обширного комплекса методов и средств. Наиболее перспективным средством, обеспечивающим чистоту и нормальный микроклимат, является кондиционирование, то есть создание искусственного микроклимата в производственном помещении с помощью кондиционирующих установок. Количество воздуха L ($м^3$/ч), которое необходимо вывести за один час из производственного помещения, чтобы вместе с ним удалить избыток тепла$Q_{изб}$, определяется по формуле [34]:

$$L = \frac{Q_{ÈÇÁ}}{C_В} \cdot \Delta t y_В, \qquad (5.1)$$

где $Ñ_Â$ – тепло емкость сухого воздуха, ккал/кг·град ($C_В = 0{,}24$, ккал/кг·град);

$\Delta t = t_{óõ} - t_{Âõ}$, C^0 (при расчетах примем $\Delta t = 5 C^0$);

$ó_Â$ – плотность уходящего воздуха, определяемая в зависимости от температуры, кг/$м^3$ (при расчетах принимается 1,20 кг/$м^3$).

Избыточное тепло - это разность тепловыделений в помещении и теплоотдачи через наружные ограждения в окружающую среду[34]:

$$Q_{ИЗБ} = Q_П - Q_{ОТ}, \text{ (ккал/ч)}, \qquad (5.2)$$

где $Q_П$ – количества тепла, поступающего в воздух помещения, ккал/ч;

$Q_{ОТ}$ – теплоотдача в окружающую среду через наружные ограждения (в теплое время года, при расчетах можно принять равным нулю).

Количество тепловыделений $Q_ï$ зависит от мощности оборудования, числа работающих людей и тепла, которое вносится в помещение солнечной радиацией через оконные проемы[34]:

$$Q_П = Q_{ОБ} + Q_Л + Q_Р, \qquad (5.3)$$

где$Q_{ОВ}$ – тепло выделяемое производственным оборудованием, ккал/ч;

$Q_Л$ – тепло выделяемое людьми, ккал/ч;

$Q_Р$ – тепло, вносимое солнечной радиацией, ккал/ч.

Тепло, выделяемое производственным оборудованием, определяется из соотношения[34]:

$$Q_{ОБ} = 860 \cdot P_{ОБ} \cdot n, \qquad (5.4)$$

где 860 – тепловой эквивалент 1 кВт · ч, то есть тепло, эквивалентное 1кВт·час электрической энергии;

$P_{ОБ}$ – мощность потребляемая оборудованием = 2,98 кВт;

n – коэффициент перехода тепла в помещение = 0,75 (для зала управления).

$$Q_{ОБ} = 860 \cdot 2{,}98 \cdot 0{,}75 = 1922{,}1 (\text{ккал} \cdot \text{ч}).$$

Так как число работающих в зале равно 2человекам, то значение $Q_{Ё}$ находим по формуле[34]:

$$Q_{Л} = n \cdot q, \tag{5.5}$$

где n – число работающих человек (n=2);

q – тепло потеря одного человека (q=80 –116 ккал);

$$Q_{Л} = 8 \cdot 116 = 928 (\text{ккал}).$$

Тепло, вносимое солнечной радиацией, определяется из соотношения[34]:

$$Q_{Р} = m \cdot F \cdot g_{ОСТ}, \tag{5.6}$$

где m – количество окон в помещении;

F – площадь оконных проемов, 6 $м^2$;

$g_{ОСТ}$ – солнечная радиация через остекленную поверхность, то есть количество тепла, вносимое за 1 час через остекленение площадью в 1 $м^2$ (для зала управления = 145).

$$Q_{Р} = 4 \cdot 6 \cdot 145 = 3480 (\text{ккал/ч}),$$

$$Q_{ИЗБ} = Q_{Р} = 1922{,}1 + 928 + 3480 = 6330{,}1 (\text{ккал/ч}).$$

Необходимый воздухообмен рассчитаем по формуле 4.1:

$$L = \frac{6330{,}1}{0{,}24} \cdot 5 \cdot 1{,}20 = 158252{,}5 (м^3/ч).$$

Отношение количества воздуха, поступающего в помещение за 1 час к объему помещения называется кратностью воздухообмена[34]:

$$K = \frac{L}{V_{П}}, \tag{5.7}$$

где V_i – объем помещения, м^3.

$$K = \frac{158252,5}{336} = 470,98.$$

Согласно произведенному расчету выбираем кондиционер Samsung AW05F05EA.

5.3 Расчет освещения рабочего места оператора

Габариты (L× B ×H) : 8 м × 12 м × 3,5 м.
Количество светильников: 8.
Тип светильников: ПВЛМ–1х40.
Разряд зрительной работы: III, в.
Коэффициент отражения: $P_{пот}$=70%, $P_{ст}$=50%, $P_{пол}$=30%.

Т а б л и ц а 5.2 – Светораспределение светильника ПВЛМ-1×40

Тип светильника	Сила света Iα, кд в направлении угла α										
	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	90
ПВЛМ-1х40	139	135	132	115	104	84	63	44	22	6	0

Определим расчетную высоту подвеса:

$$h_р = H - h_{св} - h_{м.креп.} - h_{р.пов.}, \quad (5.8)$$

$$h_р = 3,5 - 1 = 2,5 \text{ м}.$$

Принимаем нулевыми высоты свеса и крепления.
Общая схема светильников [2 × 4] представлена на рисунке 5.2.

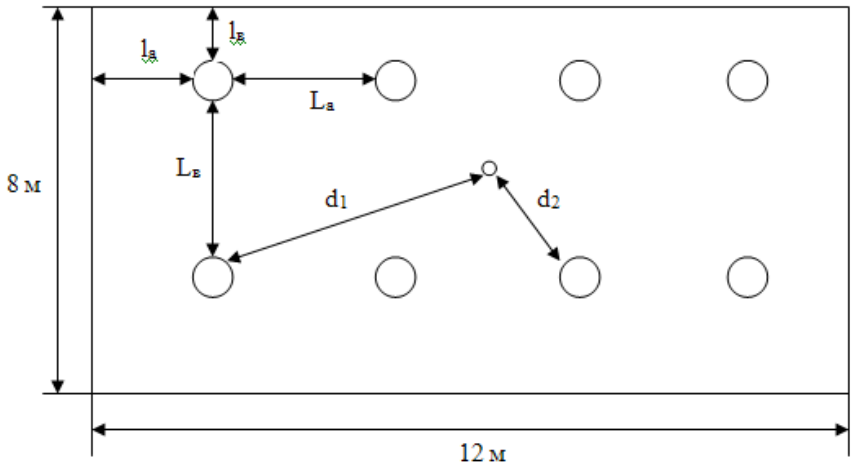

Рисунок 5.2 – Схема расположения светильников

Найдем расстояние между светильниками, учитывая λ=1,2÷2,0[35].

$$L_A=\lambda\cdot h_p; \quad (5.9)$$

$$L_B=\lambda\cdot h_p; \quad (5.10)$$

$$l_a=(0,4\div0,5)\cdot L_A; \quad (5.11)$$

$$l_b=(0,4\div0,5)\cdot L_B. \quad (5.12)$$

Учитывая формулу (5.9), получаем, что для нахождения расстояния между светильниками L_A, нужно длину помещения разделить на 4:

$$L_A=12/4=3 \text{ (м)}.$$

Проверим условие коэффициента λ=1,2÷2,0:

$$\lambda=3/2,5=1,2;$$

что удовлетворяет.

Учитывая формулу (5.10), получаем, что для нахождения расстояния между светильниками L_B, нужно ширину помещения разделить на 3:

$$L_B=8/2=4 \text{ (м)}.$$

Проверим условие коэффициента λ=1,2÷2,0:

$$\lambda=4/2,5=1,6;$$

что удовлетворяет.

Для расчета намечаем контрольную точку А. Необходимо найти d_1, d_2 – проекции расстояния на потолок между точкой А и соответствующим светильником[35].

$$d_1=\sqrt{\left(\frac{L_A}{2}\right)^2+\left(\frac{L_B}{2}\right)^2}, \quad (5.13)$$

$$d_1=\sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2+\left(\frac{4}{2}\right)^2}=\sqrt{6,25}=2,5 \text{ (i)}.$$

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{3 \cdot L_A}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_B}{2}\right)^2}, \tag{5.14}$$

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{9}{2}\right)^2 + \left(\frac{4}{2}\right)^2} = \sqrt{24{,}25} = 4{,}92 \text{ (ì).}$$

Далее определяем угол между высотой потолка и соответствующим отрезком d[35]:

$$tg\alpha_1 = [\, d_1 / h_p], \tag{5.15}$$

$$tg\alpha_1 = [2{,}5/2{,}5] = 1 \quad \rightarrow \quad \alpha_1 = 45°;$$

$$\cos^3 \alpha_1 = (0{,}707)^3 = 0{,}354;$$

$$tg\alpha_2 = [\, d_2 / h_p], \tag{5.16}$$

$$tg\alpha_2 = [4{,}92/2{,}5] = 1{,}968 \quad \rightarrow \quad \alpha_2 = 63°;$$

$$\cos^3 \alpha_2 = (0{,}454)^3 = 0{,}094.$$

По этому углу находим силу света от каждого источника по таблице 5.2:
I_1=84 кд (при α= 45°); I_2 = 47,8 кд (при α= 63°).

Освещенность помещения относительно контрольной точки от каждого источника[35]:

$$E_1 = \frac{I_1 \cdot \cos^3 \alpha_1}{h_p^2}, \tag{5.17}$$

$$E_1 = \frac{84 \cdot 0{,}354}{6{,}25} = 4{,}74 \text{ (лк)},$$

$$E_2 = \frac{I_2 \cdot \cos^3 \alpha_2}{h_p^2}, \tag{5.18}$$

$$E_2 = \frac{47{,}8 \cdot 0{,}094}{6{,}25} = 0{,}71 \text{ (лк)}.$$

Суммарная освещенность[35]:

$$E = \frac{\mu \cdot F}{1000 \cdot K_ç} \cdot \sum_{i=1}^{8} E_i, \tag{5.19}$$

где μ – коэффициент, учитывающий действие «удаленных» светильников (1,1 ÷ 1,2).

$$E=\frac{1,1\cdot 3120}{1000\cdot 1,8}\cdot(4,76\cdot 4+0,71\cdot 4)=41,72(\text{лк}).$$

Освещенность на рабочем месте считается недостаточной, поэтому необходимо производить реконструкцию системы освещения производственного помещения.

Реконструкция системы освещения производственного помещения

Произведем реконструкцию, применяя метод коэффициента использования.

Индекс помещения[35]:

$$i=\frac{L\cdot B}{h_p\cdot(L+B)}, \qquad (5.20)$$

$$i=\frac{8\cdot 12}{2,5\cdot(8+12)}=1,92.$$

Коэффициент использования светового потока примем из таблицы 5.12, учитывая найденный индекс помещения и заданные коэффициенты отражения, то η = 64 %.

Количество ламп при необходимой освещенности E=200 лк:

$$N=\frac{E\cdot S\cdot Z\cdot K_з}{F\cdot\eta}, \qquad (5.21)$$

где Z – коэффициент неравномерности освещения, равный 1,1÷1,2;

$K_з$ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,8.

$$N=\frac{200\cdot(8\cdot 12)\cdot 1,1\cdot 1,8}{3120\cdot 0,64}\approx 19 \text{ (шт);}$$

Возьмем другой тип ламп – ПВЛМ – 2×40.

Тогда:

$$N=\frac{200\cdot(8\cdot 12)\cdot 1,1\cdot 1,8}{3120\cdot 0,64\cdot 2}\approx 9 \text{ (øò).}$$

Увеличим количество ламп до 9.

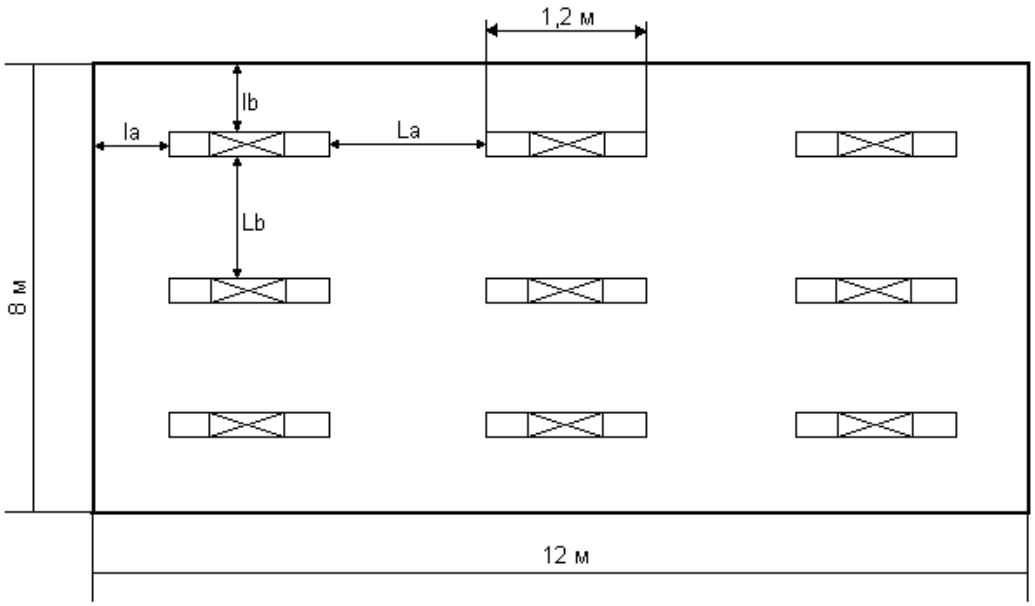

Рисунок 5.3– Новая схема расположения светильников

Найдем расстояние между светильниками, учитывая λ=1,2÷2,0.

$$L_A=1,2\cdot 2,5=3 \text{ (м)};$$

$$L_B=1,2\cdot 2,5=3 \text{ (м)};$$

$$l_a=0,4\cdot 3=1,2 \text{ (м)};$$

$$l_b=0,35\cdot 3=1 \text{ (м)}.$$

Для обеспечения необходимой освещенности помещения с параметрами 8×12×3,5 необходимо установить количество светильников типа ПВЛМ – 2×40 до 9 штук.

5.4 Выводы

Был рассчитан микроклимат и освещенность диспетчерской службы охраны периметра.

На основе расчета микроклимата был выбран кондиционер Samsung AW05F05EA. На основе расчета освещенности диспетчерской службы охраны периметра были выбраны светильники типа ПВЛМ – 2×40 в количестве 9 штук.

6 Стоимость интеллектуального труда при разработке системы

6.1 Описание работы

Системы защиты и охраны периметра занимают ведущее место в обеспечении охраны объектов различного назначения. Этими объектами являются промышленные объекты, объекты повышенного риска (химические предприятия), склады, ангары, хранилища, коттеджные участки, офисы, фирмы, иностранные посольства, госучреждения и другие.

Основной проблемой многих радиоволновых систем обнаружения нарушителя является надежность. Методика, разработанная в данном дипломном проекте, позволяет обеспечить высокую надежность обнаружения и определения местоположения нарушителя.

6.2 Трудовые ресурсы, используемые в работе

В работе задействованы:

1) руководитель – постановка задачи, контроль проведения испытаний;
2) разработчик – разработка алгоритмов и программирование, проведение испытаний, проведение расчетов.

Количество сотрудников по каждому пункту определено в таблице 6.1.

Отбор персонала определяется по результатам собеседования, которое проводит организатор проведения проекта.

Т а б л и ц а 6.1 – Задействованные в проекте работники, и их заработная плата

Поскольку работа имеет научно исследовательский характер и заключает в себе в основном интеллектуальный труд, необходимо рассчитать затраты на научно-исследовательскую работу – рассчитать амортизационную стоимость используемых оборудования и заработную плату персонала, задействованного в разработке.

6.3 Расчёт себестоимости работы по проектированию и разработке

Себестоимость выполнения научно-исследовательских работы складывается из следующих статьей затрат:

1) заработная плата основных разработчиков (то есть, кто непосредственно применяет участие в выполнении работ);
2) дополнительная заработная плата;

3) фонд оплаты труда;

4) отчисления из фонда оплаты труда социального налога (11%);

5) амортизационные отчисления;

6) арендная плата, включая коммунальные платежи;

7) затраты на сертификацию и лицензирование (если это программный продукт);

8) накладные расходы.

Таким образом, затраты на разработку данного программного комплекса определяются по формуле 6.1:

$$\tilde{N} = \hat{O}\hat{I}\grave{O} + \hat{I}_{\tilde{N}} + M + \tilde{N}_{\ddot{I}\eth} + \acute{I}\ , \qquad (6.1)$$

где: ФОТ – фонд оплаты труда;

$О_С$ – социальный налог;

А – амортизационные отчисления;

Э – затраты на электроэнергию;

$С_{ПР}$ – прочие расходы;

Н – накладные расходы.

Накладные расходы определяются в размере 25% от всех затрат по формуле 6.2:

$$\acute{I} = (\hat{O}\hat{I}\grave{O} + \hat{I}_{\tilde{N}} + \grave{A} + \acute{Y} + \tilde{N}_{\ddot{I}\eth}) \cdot 0{,}25. \qquad (6.2)$$

Определение фонда оплаты труда ФОТ по формуле 6.3:

$$\hat{O}\hat{I}\grave{O} = З_{\ddot{I}\tilde{N}\acute{I}.} + З_{\ddot{A}\hat{I}\ddot{I}.}\ , \qquad (6.3)$$

где$З_{осн.}$ – основная заработная плата;

$З_{доп.}$ – дополнительная заработная плата.

Дополнительная заработная плата (начисление премии) в среднем определяется в размере 10% от основной заработной платы, персональных надбавок:

$$З_{\ddot{A}\hat{I}\ddot{I}.} = З_{\ddot{I}\tilde{N}\acute{I}.} \cdot 0{,}1. \qquad (6.4)$$

Пенсионные отчисления (ПО) определяются в размере 10% от ФОТ по формуле 6.5:

$$\ddot{I}\hat{I} = \hat{O}\hat{I}\grave{O} \cdot 0{,}1. \qquad (6.5)$$

Социальный налог составит 11 % отФОТ за вычетом пенсионных отчислений.

$$\tilde{N}_{\acute{i}} = (\hat{O}\hat{I}\grave{O} - \ddot{I}\hat{I}) \cdot 0{,}11. \qquad (6.6)$$

По существующему положению, в настоящее время, норма амортизации H_Aна оборудование связи составляет от 15% до 40% от стоимости всего оборудования, тогда амортизационные отчисления, A_i составят:

$$À_i = \frac{H_A \cdot C_{ÏÅÐ} \cdot N}{100 \cdot 12 \cdot n}, \quad (6.7)$$

где $H_À$ - норма амортизации;

$C_{ПЕР}$ – первоначальнаястоимость оборудоввания;

N – количестводней на выполнение работ;

n – количестводней в рабочем месяце.

Поскольку в процессе производства используется электрооборудование, то необходимо рассчитать затраты на электроэнергию. Затраты на электроэнергию для производственных нужд, включают в себя расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные.

$$Ý = Ç_{ÝÝË.ÝÍ.ÎÁÎÐ.} + Ç_{ÄÎÏ.ÍÓÆ.}, \quad (6.8)$$

$$Ç_{ÝÝË.ÝÍ.ÎÁÎÐ.} = W \cdot T \cdot S \cdot K_{èñï}, \quad (6.9)$$

где W – потребляемая мощность, Вт;

T – время работы (T=8760 ч/год);

S – тариф (1кВтч=13,45тг);

$К_{ИСП}$ – коэффициент использования ($К_{ИСП}$ = 0,9).

Затраты на дополнительные нужды возьмем по укрупненному показателю 5% от затрат на оборудование:

$$Ç_{ÄÎÏ.ÍÓÆ.} = 0{,}05 \cdot Ç_{ÝÝË.ÝÍ.ÎÁÎÐ.}. \quad (6.10)$$

6.3.1 Трудоемкость.

Определим заработную плату каждого работника за один рабочий день – для этого месячный оклад работника делится на количество рабочих дней за прошедший период (это 22 дня – пятидневная рабочая неделя):

1) руководитель:

$$D = \frac{120000}{22} = 5455 \text{ тенге/день};$$

2) разработчик:

$$D = \frac{80000}{22} = 3636 \text{ тенге/день}.$$

Заработную плату за один час вычислим, разделив заработную плату работника за день на количество часов рабочего дня (5 часов):

руководитель:

$$Н = \frac{5455}{5} = 1091 \text{ тенге/час;}$$

разработчик:

$$Н = \frac{3636}{5} = 727 \text{ тенге/ час.}$$

Т а б л и ц а 6.2 – Расчёт основной заработной платы персонала, задействованного в работе

Наименование содержания работ	Исполнитель	Трудоёмкость, норма - час	Заработная плата за час работы, тг	Сумма заработной платы в день, тг	Сумма заработной платы в месяц, тг
Постановка задачи, контроль проведения испытаний	руководитель	5	1091	5455	120010
Разработка алгоритмов и программирование, проведение испытаний, проведение расчетов	разработчик	5	727	3635	79970
Итого	199980				

Определив заработную плату каждого работника за час работы по каждому наименованию проведённых работ, мы можем получить суммарную заработную плату, определенную как сумма оплаты труда всех работников, задействованных в разработке, по каждому наименованию проведённых работ (таблица 6.2).

$$З_{ОСН} = 199980 \text{тенге;}$$

Дополнительную заработную плату определим по формуле 6.4:

$$З_{ДОП} = 199980 \cdot 0,1 = 19998 \text{ тенге.}$$

Вычислим фонд оплаты труда (ФОТ):

ФОТ = 199980+19998 = 219978 тенге.

Вычислим размер пенсионных отчислений:

ПО = 219978·0,1 = 21998 тенге.

Вычислим размер отчислений на социальные нужды:

$С_Н$ = (219978-21998) ·0,11= 21778 тенге.

6.3.2 Амортизационные отчисления.

Т а б л и ц а 6.3 – Расходы на оборудование и реализацию проекта

Наименование материала	Марка	Единицы измерения	Кол-во	Цена за единицу в тенге	Сумма в тенге
Ноутбук	HP Envy 15-j011sr	шт.	1	80000	80000
Программа	Ms Visio	шт.	1	12000	12000
Бумага для принтера	Svetocopy 500	шт.	1	1800	1800
Планшет	Multipad 7.0 Prime	шт.	1	25000	25000
Программадля расчетов	MathCAD	шт.	1	10000	10000
Операционная система	Windows 7 Proffesional	шт.	1	27000	27000
Доп. Расходы				15000	15000
Итого:	170800				

Рассчитаем амортизационные отчисления по используемому оборудованию по таблице 6.3:

$$А_1 = \frac{40 \cdot 80000 \cdot 22}{100 \cdot 12 \cdot 30} = 1956 \text{ тенге;}$$

$$А_2 = \frac{15 \cdot 12000 \cdot 22}{100 \cdot 12 \cdot 30} = 110 \text{ тенге;}$$

$$А_3 = \frac{25 \cdot 1800 \cdot 22}{100 \cdot 12 \cdot 30} = 28 \text{ тенге;}$$

$$A_4 = \frac{40 \cdot 25000 \cdot 22}{100 \cdot 12 \cdot 30} = 611 \text{ тенге;}$$

$$A_5 = \frac{15 \cdot 10000 \cdot 22}{100 \cdot 12 \cdot 30} = 92 \text{ тенге.}$$

6.3.3 Затраты на электроэнергию.

Затраты на электроэнергию определим, как сумму затрат на основное оборудование:

$$C_{ЭЛЭНЕРГ.ОБОР.-1} = 0{,}9 \cdot 110 \cdot 12{,}58 \cdot 0{,}9 = 1120 \text{ тенге.}$$

Расходы на электроэнергию представлены в таблице 6.4

Т а б л и ц а 6.4 - Расходы на электроэнергию

Наименование приборов	W, кВт	Число рабочих дней	Ким	Время работы прибора, час	ΣW, кВт·ч	Стоимость
Компьютер с монитором и подключенными приемным модулем анализатором спектра	0,9	22	0,9	110	99	1120
ИТОГО ΣW:	-	-	-	-	-	1120

6.3.4 Накладные и прочие расходы.

Прочие расходы: расходы на Интернет – 7800 тенге;

Накладные расходы на разработку программного продукта принимаем в размере 25% от суммы затрат:

$$Н = (219978 + 21778 + 3457 + 1120 + 7800) \cdot 25\% = 63533 \text{ тенге.}$$

Определим стоимость затрат по всем перечисленным статьям:

$$С = 219978 + 21778 + 3457 + 1120 + 7800 + 63533 = 317666 \text{ тенге.}$$

Смета затрат по всем перечисленным статьям представлена в таблице 6.5.

6.3.5 Структура затрат.

Подсчитаем стоимость по всем статьям затрат и определим структуру затрат.

Т а б л и ц а 6.5 – Стоимость разработки по всем статьям затрат

Наименование статей затрат	Сумма, тенге	Структура затрат, %
ФОТ	219978	69
Отчисления на социальные нужды	21778	7
Амортизация	3457	1
Затраты на электроэнергию	1120	0,5
Прочие расходы	7800	2,5
Накладные расходы	63533	20
ИТОГО:	317666	100

Рисунок 6.1 – Структура затрат в процентах

6.4 Цена интеллектуального труда

Ввиду того, что интеллектуальная собственность на данный продукт безвозмездно передается институту, то последний может в случае успеха эксплуатации и наличия спроса реализовывать его по собственному

усмотрению. Материальное поощрения лиц принимавших участие в проекте желательно, но не обязательно. Цена реализации программного продукта складывается из стоимости и чистого дохода:

$$Ц = С + П, \tag{6.12}$$

где: С – стоимость продукта;

П – чистый доход.

При определении первоначальной цены задаёмся желаемым уровнем рентабельности (40%) для реализации программных продуктов:

$$Ц_{П} = С \cdot \left(1 + \frac{Р}{100}\right), \tag{6.13}$$

где Р – рентабельность (40%);

$$Ц_{П} = 317666 \cdot \left(1 + \frac{40}{100}\right) = 444732 \text{ тенге;}$$

Определим цену реализации готового программного продукта:

$$Ц_{Р} = Ц_{П} + НДС, \tag{6.14}$$

Так как на сегодняшний день размер НДС в РК составляет 12%, следовательно:

$$НДС = Ц_{П} \cdot 0{,}12, \tag{6.15}$$

$$НДС = 444732 \cdot 12\% = 53367 \text{ тенге.}$$

Соответственно

$$Ц_{Р} = 444732 + 53367 = 498099 \text{ тенге.}$$

Окончательная цена в условиях рыночных отношений будет зависеть и от спроса на интеллектуальный труд.

6.5Выводы

Для обоснования экономической выгоды данного проекта, были проделаны экономические расчеты. Для расчетов был составлен список работ по созданию проекта, где было учтено количество часов для выполнения той

или иной работы, процент от общего выполнения работы, стоимость каждого часа работы, на основании чего был получен фонд оплаты труда. Рассчитав расходы, такие как электроэнергия, амортизация, отчисления на социальные нужды, прочие затраты, была рассчитана смета затрат по всем статьям работы.

Методика, разработанная в данной работе, позволяет обеспечить высокую надежность обнаружения и определения местоположения нарушителя.

Анализируя полученные данные можно сказать, что конечная цена разрабатываемого продукта является приемлемой, в случае продажи данной идеи и методики.

Заключение

В целом периметральные охранные системы эффективны при использовании их в комплексе с другими видами охранной сигнализации, таких как внешнее ограждение, системы видеонаблюдения, контрольно - пропускной пункт и другие, при этом получить высокий показатель эффективности системы.

В результате выполнения дипломной работы:

1) рассмотрены различные методы обнаружения и определения местоположения нарушителя;

2) предложен новый способ обнаружения нарушителя который основывается на ответвлении движения волны;

3) произведен расчет основных параметров системы обнаружения нарушителя с рабочей частотой 48 МГц, рассчитаны промежуточные переменные, которые позволили определить проходящую по фидеру мощность, которая равна 51 мВт. Построен график, на котором показано, что при увеличении частоты увеличивается проходящая мощность. Рассчитаны параметры волноводно – щелевой антенны и ее диаграмма направленности. Исходя из рассчитанных данных, щели в коаксиальном кабеле будут находиться на расстоянии 3,125 м. друг от друга, количество щелей будет составлять 19, ширина щели составит 0,313 м. КПД антенны 73%.;

4) представлена схема реализации системы обнаружения нарушителя;

5) предоставлено оборудование для системы обнаружения нарушителя;

6) рассчитан микроклимат и освещенность диспетчерской службы охраны периметра;

7) рассчитана стоимость интеллектуального труда при разработке системы.

Список литературы

1 Установка систем контроля периметра, интернет страница «Донецкие охранные системы», http://dos.in.ua/tech/systemperimetr.html.

2 Звежинский С.С., Духан Е.И. «Современное состояние и перспективы развития средств обнаружения на основе линий вытекающей волны» Спецтехника и связь, 2008. - № 3.

3 Системы охраны периметра, интернет страница «Спецмонтажприл», http://smp.kiev.ua/ohrannie_sistemi/sistemi_ohrani_perimetra/.

4 Б. Введенский «Подземные датчики для охраны периметров»/ Алгоритм безопасности, 2012. - № 1.

5 Емкостные датчики, интернет страница «Малахит», http://malahit-irk.ru/index.php/2011-01-13-09-04-43/124-2011-05-11-05-17-15.html.

6 Системы охраны периметра. Средства обнаружения вторжений радиоволновые и радиолучевыепериметральные системы охраны, интернет страница «vashdom», http://www.vashdom.ru/articles/st_7.htm.

7 Радиоволновые охранные системы, интернет страница «Кайман», http://caiman.ua/products/electronic/perimeter/radio-wave.

8 Линия вытекающей волны — воспоминания о будущем, интернет страница «Восток», http://www.eastsystems.ru/articles/a14.php.

9 Звежинский С.С. «Проблема выбора периметровых средств обнаружения»/ БДИ, 2002. - № 4

10 Патент №2109344, МПК G08B13/24 (1993.08), Опубликовано: 20.04.1998.

11 Патент №2303290, МПК G08B13/24 (2006.01), Опубликовано: 20.07.2007.

12 Патент №2037881, МПК G08B13/18 (1990.02), Опубликовано: 19.06.1995.

13 Патент №2258258, МПК G08B13/24 (2005.02), Опубликовано: 10.08.2005.

14 Патент №2145441, МПК G08B13/24 (1998.06), Опубликовано: 10.02.2000.

15 Патент №2434296, МПК G08B13/24 (2010.03), Опубликовано: 20.11.2011.

16 Патент US6577236 B2, US 09/945,061, Опубликовано: 10.06.2003.

17 Патент US 7576648 B2, US 10/566,895, Опубликовано: 18.08.2009.

18 Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.

19 СеменюкВ.В.Экономное Кодирование Дискретной Информации. – Спб.: Спбгитмо(ТУ), 2001. – 115 с.

20 Ремез Г.А. Курс основных радиотехнических измерений. – М.: Связьиздат, 1955. – 448 с.

21 Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учеб.для радиотехнических. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1988. – 432 с.

22 Воскресенский Д.И. Антенны и устройства СВЧ: Учебное пособие для вузов. –М.: Радио и связь, 1994. –592с.

23 Грановская, Н.С. Давыдова и др. / Под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радио и связь, 1981, 432 с.

24 AFG3000 FunctionGenerator Генераторы сигналов произвольной формы и стандартных функций, интернет страница «Tektronix», http://ru.tek.com/datasheet/generatory-signalov-proizvolnoj-formy-i-standartnyh-funkcij.

25 Коаксиальный кабель LMR-400 – Рации, интернет страница «Raciya», http://raciya.kz/home/koaksialnyy-kabel-lmr400/.

26 Коаксиальный кабель RG-58 SU – Рации, интернет страница «Raciya», http://raciya.kz/home/koaksialnyy-kabel-rg58-su/.

27 Коаксиальный кабель RG-58 – Рации, интернет страница «Raciya», http://raciya.kz/home/koaksialnyy-kabel-rg58/.

28 Коаксиальный кабель RG-214 – Рации, интернет страница «Raciya», http://raciya.kz/home/koaksialnyy-kabel-rg214/.

29 Сканирующий приемник AOR AR8600 mark2, интернет страница «AOR», http://www.aor.ru/priemniki/ar-8600-mark-ii.html.

30 Приемник AR6000, интернет страница «AOR», http://www.aor.ru/priemniki/ar-6000.html.

31 Приемник AORARAlpha, интернет страница «AOR», http://www.aor.ru/priemniki/ar-alpha.html.

32 Москалева В.М. Охрана труда, интернет страница «uchebnikionline» http://uchebnikionline.ru/bgd/ohorona_pratsi_-_moskalova_vm/yak_provodyatsya_rozrahunki_osvitlennya.htm.

33 Основные требования к рабочим помещениям с ПК, интернет страница «Profile», http://www.profile-edu.ru/osnovnye-trebovaniya-k-rabochim-pomeshheniyam-s-pk-page-1.html.

34 Пульсация (мерцание) люминесцентных ламп, стробоскопический эффект, интернет страница «Светотехника», http://electro-site.ru/energy_pulsation.htm.

35 Хакимжанов Т.Е. Охрана труда: Учебное пособие для вузов. – Алматы: Эверо, 2006.

36 А.А. Байзакова, Т.С. Санатова. Охрана труда. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ. – Алматы: АИЭС, 2005.

Приложение А
Листинг программы в языке Pascal

```
Program Raschet;
varg0,v,z,Epr,c: integer;
x,Lkr,f0,L0,Lv,d,H,d1,Ppr,G,Um,Pant,p,L,D0,n,Gy,a,y,H1: real;
begin
write('Vveditechastotu (MHz): ');
read(f0);
write('Vveditediametrkabelia (m): ');
read(x);
write('Vveditevolnovoesoprotivleniakabelia (Om): ');
read(z);
D0:=2.7;
a:=0.02;
g0:=1;
v:=2;
Epr:=1170;
writeln('Shirina DN pourovniumoshnosti: ',D0:2:1);
Lkr:=2*x;
c:=300;
writeln('Kriticheskaiadlinavolni (m): ',Lkr:4:3);
L0:=c/f0;
writeln('Rezonansnaiadlinavolni (m): ',L0:3:2);
Lv:=L0/sqrt(1-sqr(Lkr/L0));
writeln('Dlinavolni v volnovode (m): ',Lv:3:2);
d:=Lv/2;
writeln('Rasstoianiemejdusheliami (m): ',d:4:3);
H:=(51*Lv)/(2*D0*d);
writeln('Kolichestvoshelei: ',H:2:0);
H1:=19;
d1:=d/10;
writeln('Dlinasheli: ',d1:4:3);
Ppr:=(3.14*sqr(x/2)*sqr(Epr)*sqrt(1-sqr((2*x)/L0)))/1.51;
writeln('Predelnodopustimaiamoshnost (Wt): ',Ppr:5:3);
G:=(0.9*z)/(2*sqr(60*pi));
writeln('Vnewniaiaprovodimost (Sm): ',G:7:6);
Um:=sqrt((2*Ppr)/(H1*G));
writeln('Amplitudanapriazhenia v puchnosti (V): ',Um:5:3);
Pant:=(sqr(Um)*H1*G)/2;
writeln('Predelnaiamoshnost, izluchaemaiaantennoi (Wt): ',Pant:5:3);
L:=H1*d;
writeln('Dlinaantenni (m): ',L:5:3);
D0:=g0*(3+(Lv*v*H1)/L0);
```

Продолжение приложения А

```
writeln('Koefficientnapravlennogodeistvia: ',D0:2:0);
p:=0.093;
n:=p*(6*a*L)/(1-p);
writeln('KPD antenni: ',n:4:3);
Gy:=D0*n;
writeln('Koefficientusileniaantenni: ',Gy:5:3);
readln(y);
end.
```

Приложение Б

Принципиальная схема устройства стабилизатора напряжения

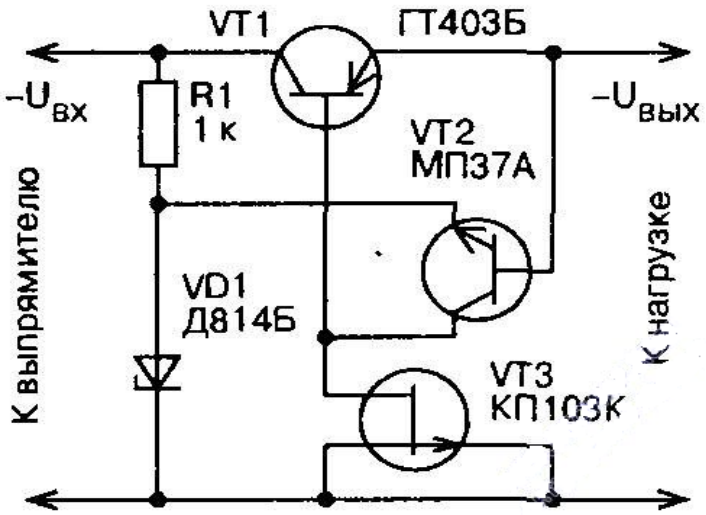

Рисунок Б1 – Принципиальная схема стабилизатора напряжения