

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю

Киселёв А.В

« » 2017 г.

Прокопчук Дарья Игоревна

Исследование принципа работы и моделирование дискоконусной антенны

Факультет радиотехники и электроники

Направление подготовки 11.03.02 – Информационные технологии и
(код и наименование направления подготовки бакалавра)

Степанов М.А.

K.M.H.

Прокончук Д.И.

PЭΦ, PTB14-32

(подпись, дата)

Новосибирск 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Радиоприёмные и радиопередающие устройства
(полное название кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой РП и РПУ
(фамилия, имя, отчество)

Киселёв А.В.
(подпись, дата)

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ БАКАЛАВРА**

студентке Прокопчук Дарье Игоревне
(фамилия, имя, отчество)

Направление подготовки 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и
системы связи
(код и наименование направления подготовки бакалавра)

Факультет радиотехники и электроники
(полное название факультета)

Тема Исследование принципа работы и моделирование дискоконусной антенны
(полное название темы выпускной квалификационной работы бакалавра)

Исходные данные (или цель работы) Частотный диапазон: 470 МГц-789 МГц;
КСВ по входу ≤ 2 ;

Коэффициент усиления: 3дБи;

Питание: коаксиальный кабель;

Волновое сопротивление: 75 Ом.

Структурные части работы Введение

Теоритический раздел

Моделирование дискоконусной антенны

Организационно – экономический раздел

Раздел охраны труда

Заключение

Задание согласовано и принято к исполнению.

(подпись, дата)

(подпись, дата)

(фамилия, имя, отчество секретаря государственной
экзаменационной комиссии по защите ВКР)

Аннотация

В данной работе 55 страниц, 32 рисунка, 6 таблиц, 16 источников.

Ключевые слова:

ДИСКОКОНУСНАЯ АНТЕННА, КСВ, ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ, КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, CST MICROWAVE STUDIO.

В данной работе рассмотрены принципы работы и особенности конструкции дискоконусной антенны. Выполнено моделирование дискоконусной антенны двух типов на частотном диапазоне от 470 МГц до 789 МГц. Результаты анализировались по диаграммам направленности на разных частотах и графикам зависимости КСВ от частоты. Моделирование производилось в САПР CST Microwave Studio. Студенческая версия.

Abstract

The present work, 55 pages, 32 Figures., 6 tab., 16 sources.

Keywords:

DISCONE ANTENNA, VSWR, DIRECTIONAL RESPONSE, ABSOLUTE GAIN, SIMULATION, CST MICROWAVE STUDIO.

In this work, the principles of operation and design features of the discone antenna are considered. Modeling of a discone antenna Of two types in the frequency range from 470 MHz to 789 MHz is performed. The results were analyzed by directional response at different frequencies and by the VSWR versus frequency plots. The simulation was performed in CAD CST Microwave Studio. Student version.

Содержание

	Стр.
Введение	6
1 Теоритический раздел.....	8
1.1 Антенны.....	8
1.1.1 Классификация волн	10
1.1.2 Параметры антенн	11
1.1.3 Полоса рабочих частот.....	11
1.1.4 Диаграмма направленности.....	12
1.1.5 Коэффициент усиления.....	14
1.1.6 Поляризационная характеристика	15
1.1.7 Номинальное входное сопротивление	15
1.1.8 Согласование антенны с кабелем	16
1.2 Дисконусная антенна.....	17
1.3 Коаксиальный кабель	25
2 Моделирование дисконусной антенны	29
2.1 Моделирование дисконусной антенны однородной формы	29
2.2 Моделирование дисконусной антенны скелетной формы.....	37
3 Организационно – экономический раздел	42
3.1 Расчёт затрат на материалы для моделирования.	42
3.2 Расчёт затрат на основную заработную плату	43
3.3 Страховой взнос	44
3.4 Затраты на амортизацию оборудования	45
3.5 Затраты на накладные расходы	46

					КТНЦ.464651.001 ПЗ			
Разраб.	Прокопчук Д.И.				Исследование принципа работы и моделирование дисконусной антенны	Лит	Лист	Листов
Пров.	Степанов М.А.						4	55
Н.контр.								
Утв.								

4 Раздел охраны труда	48
4.2 Освещение помещения	50
4.3 Шум в помещении	51
4.4 Температура, влажность и вентиляция помещений	51
Заключение.....	53
Список литературы	54

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Введение

Радиотехника – область научной и технической деятельности человека, связанной с получением и использованием электромагнитных колебаний. Радиотехника и электроника все шире проникают во все сферы жизни человеческого общества: радиосвязь, телевидение, радионавигация, радиолокация, метеорология, медицина, астрономия и т. д.

Фундаментальные физика и математика всегда были базой развития радиотехники. Ещё в 1864 г. английский физик Максвелл придал классическую математическую форму уравнениям электромагнитного поля. Он показал, что переменные электрические и магнитные поля в пространстве образуют неразрывную взаимообразующую совокупность. Из его теории следовало, что цепь их взаимопорождений при определенных условиях может реализоваться в виде свободно распространяющейся со скоростью света электромагнитной волны.

Достижения радиоэлектроники привели к пересмотру принципов построения и функционирования радиоэлектронной аппаратуры во многих областях радиотехники. Стремительно нарастают темпы внедрения цифровых методов обработки сигналов в радиосвязи, радиолокации, радионавигации и т. д. Антенны становятся активными не отдельными элементами радиопередающих устройств. Эти и другие научно-технические достижения позволяют резко улучшить потребительские свойства различной радиотехники, повысить её технико-экономические характеристики. Задачей специалистов-радиотехников является дальнейшее развитие радиоэлектроники – важнейшей области науки и техники.

Антенно-волноводная техника играет большую роль в современной радиотехнике и вместе с ней быстро развивается. Специалисты заинтересованы в систематическом получении информации о развитии тех или иных направлений антенной техники, о результатах последних теоретических и

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

экспериментальных исследований в области антенн и в смежных областях науки и техники.

Современный темп исследований и разработок антенных систем невозможен без использования новых информационных технологий проектирования структур на электродинамическом уровне.

С появлением разнообразных программ электродинамического моделирования изменился подход к разработке многих электронных устройств, особенно в области высоких частот. Для реальных устройств достаточно сложно получить аналитическое решение задачи их анализа, часто это вообще не представляется возможным, а использование специализированных программ значительно упрощает эту задачу. Умение построить модель, максимально приближенную к реальному объекту, является крайне важным для разработчика.

«CST Microwave Studio. Студенческая версия», предназначена для моделирования трехмерных электромагнитных структур в области высоких и сверхвысоких частот, в частности, антенн.

Целью работы является моделирование антенны, удовлетворяющей требованиям технического задания: построение модели дискокonusной антенны на частотах 470 МГц–789 МГц с КСВ по входу <2 и коэффициентом усиления 3дБи.

Рассматриваемая в работе дискокonusная антенна представляет собой вертикальный поляризованный излучатель, который охватывает широкую полосу частот, благодаря своей особой форме. Она состоит из металлического конуса, над вершиной которого расположен металлический диск.

Работа будет полезна инженерам, а также ученым в области радиотехники и военной промышленности.

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Теоритический раздел

1.1 Антенны

Распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле называется электромагнитной волной.

Связь между радиопередатчиком и радиоприёмником осуществляется при помощи электромагнитных волн. Передающая антенна предназначена для преобразования радиосигнала – связанных электрического и магнитного полей на выходе передатчика – в свободные электромагнитные волны, излучаемые преимущественно в заданных направлениях.

Приёмная антенна предназначена для преобразования свободных электромагнитных волн, воспринимаемых преимущественно с заданных направлений, в энергию принимаемого радиосигнала на входе приемника.

Что бы антенна эффективно излучала электромагнитную энергию, размеры её должны быть сравнимы с длиной волны.

Для эффективного излучения необходимо, что бы электрическое и магнитное поле излучателя, ответвляясь в пространство, охватывали возможно больший объём.

Характер процессов, происходящих в передающей и приемной антеннах свидетельствует об их обратимости. То есть принципиально возможно использование одной и той же антенны в качестве передающей и приемной. При этом основные электрические характеристик остаются неизменными при переходе от передачи к приему и обратно. Но часто конструктивное исполнение таких антенн разное. Это объясняется тем, что передающие антенны предназначены для излучения сигналов очень большей мощности, нежели антенны принимаемых радиосигналов. Как правило отличаются и требования к свойствами направленного действия антенн при приеме и передаче [1].

Направленное излучение ЭМВ позволяет создать необходимую напряженность поля в точке приема используя, передатчик меньшей мощности,

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

чем в случае ненаправленного излучения энергии. При той же мощности передатчика в этом случае будет обеспечено соответственно большее превышение уровня полезного сигнала в точке приёма над помехами, что существенно повысит качество радиосвязи.

При использовании приёмной антенны с направленными свойствами может быть значительно ослаблен приём помеховых радиосигналов с направлений, отличающихся от заданного.

В некоторых применениях высокая степень направленности излучения (приёма) антенн принципиально необходима. Например, в радиолокации и радиопеленгации от этого в первую очередь зависят точности определения угловых координат обнаруживаемых объектов.

В радиотехнике сигналы передаются с помощью электромагнитных колебаний, источником которых является переменный ток определённой частоты. Электромагнитные колебания в форме ЭВМ распространяются от источника на различные расстояния в зависимости от различных условий, в том числе от длины волны λ .

Свойства ЭВМ также меняются в зависимости от λ . Поэтому область существования волн разбита на диапазоны. Нас будут интересовать те из них, которые чаще используются в радиотехнике. Электромагнитные волны этих диапазонов называются радиоволны. В таблице 1.1 приведена их классификация, установленная Международным регламентом радиосвязи, там же приводятся параметры соответствующих радиочастот [1].

Таблица 1.1 – Классификация волн

Наименование диапазона волн	Диапазон длин волн	Наименование диапазона частот	Диапазон частот
Мириаметровые	100...10 км	Очень низкие (ОНЧ)	3 ...30 кГц
Километровые	10...1 км	Низкие (НЧ)	30...300 кГц
Гектометровые	1...0,1 км	Средние (СЧ)	0,3...3 МГц
Декаметровые	10...1 м	Высокие (ВЧ)	3...30 МГц
Метровые	1...0,1 м	Очень высокие (ОВЧ)	30...300 МГц
Дециметровые	100...10 м	Ультравысокие (УВЧ)	0,3...3 ГГц
Сантиметровые	100...10 см	Сверхвысокие (СВЧ)	3...30 ГГц
Миллиметровые	10...1 мм	Крайние высокие (КВЧ)	30...300 ГГц
Децимиллиметровые	1...0,1 мм	Гипервысокие (ГВЧ)	300...3000 ГГц

1.1.1 Классификация волн

Свободные волны – это волны, которые распространяются в свободном пространстве и которые потеряли связь с источником в процессе распространения.

Направляемые волны – распространяются вдоль каких-либо тел, которые определяют направление их распространения. К таким телам относятся: открытые металлические, диэлектрические или полупроводящие поверхности, коаксиальные линии и др.

Направляемые волны делят на поперечные, электрические и магнитные. Поперечные волны – это те, у которых в направлении распространения отсутствуют составляющие векторов напряженности электрического и магнитного полей (ТЕМ).

У электрических волн вектор напряженности электрического поля, помимо поперечной имеется также продольная составляющая, т.е. составляющая в направлении распространения волны, а вектор напряженности магнитного поля имеет только поперечную составляющую (Е).

Магнитные волны – это волны, вектор напряженности магнитного поля которых имеет и поперечную, и продольную составляющие, а вектор напряженности электрического поля имеет только поперечную составляющую (H) [2].

1.1.2 Параметры антенн

Для оценки качества и сравнения антенн между собой вводят следующие параметры:

- полоса рабочих частот;
- ширина диаграммы направленности;
- уровни боковых лепестков в переднем и заднем полупространстве относительно направления максимума диаграммы направленности;
- угловые положения нулевых значений диаграммы направленности;
- коэффициент усиления;
- вид поляризации;
- номинальное входное сопротивление;
- согласование антенны с кабелем.

1.1.3 Полоса рабочих частот

Полоса рабочих частот антенны – это полоса, которая ограничена частотами: верхней ($f_{\text{макс}}$) и нижней ($f_{\text{мин}}$). В пределах данной полосы электрические параметры должны удовлетворять необходимым требованиям. Данная полоса может быть непрерывной, а также разбитой на несколько разнесённых полос. Значение полосы пропускания позволяет судить о возможности или невозможности применения данной антенны на нужной частоте.

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1.1.4 Диаграмма направленности

Направленные свойства антенн принято характеризовать диаграммами направленности. Такие диаграммы представляют собой зависимости напряжённости (мощности) электромагнитного поля от направления в пространстве при неизменном и достаточно большом расстоянии точки измерения от излучающей антенны.

Диаграмма направленности (ДН) определяет способность антенны излучать или принимать электромагнитные волны в определённых направлениях более эффективно, чем в других. В режиме передачи ДН определяет зависимость амплитуды напряжённости поля, излучаемой антенной, от угловых координат. В режиме приёма ДН определяет зависимость наводимой на зажимах антенны ЭДС от направления прихода плоской электромагнитной волны. Направление определяется азимутальными (φ) и меридиональным (θ) углами сферической системы координат (рисунок 1.1).

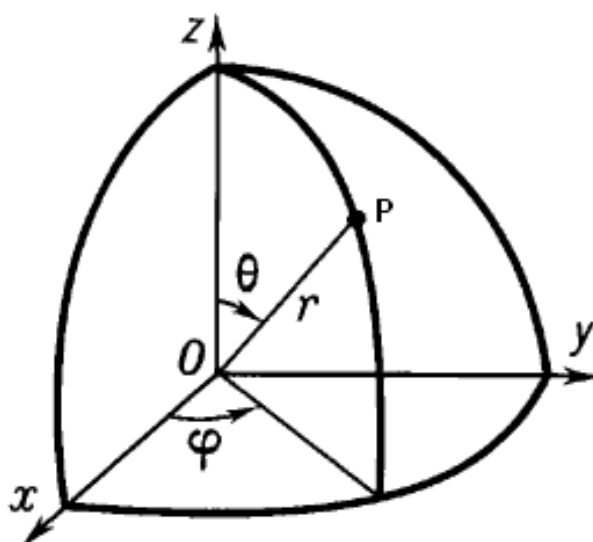


Рисунок 1.1 – Сферическая система координат.

Пространственная ДН изображается в виде поверхности $E=E(\varphi, \theta)$. Также изображают двухмерные ДН, выражаемые следующими функциями (1.1 – 1.2):

$$E_r(\varphi) = E(\varphi_0, \theta), \quad (1.1)$$

$$E_B(\theta) = \begin{cases} E(\varphi_0, \theta) \\ E(\varphi_0 + 180^\circ, \theta) \end{cases} \quad (1.2)$$

Эти функции представляют собой два взаимно-перпендикулярных сечения трёхмерной ДН, проходящие через направление главного максимума, определяемого углами φ_0 и θ . Функция $E_r(\varphi)$ и соответствующая ей кривая носит название ДН в горизонтальной плоскости, а функция $E_B(\theta)$ и соответствующая ей кривая – ДН в вертикальной плоскости. Как правило берут плоскости, параллельные электрическому и магнитному Н векторами поля излучения. В этом случае кривые называют соответственно ДН в Е и Н-плоскостях. Для большинства антенн плоскость Е совпадает с горизонтальной плоскостью, а плоскость Н- с вертикальной [2].

Понятие ДН имеет смысл для дальней зоны излучения антенны (иногда говорят: волновой зоны), где ЭМВ существует уже как не связанное с излучателем электромагнитное поле.

Диаграммы направленности строят для плоскостей Е и Н в случаях линейно-поляризованных волн, когда векторы напряженностей преимущественно изменяются в процессе распространения в пределах начально заданных пространственных плоскостей. Так как зачастую при передаче используются антенны вертикальной (определяя по вектору Е) или горизонтальной поляризации, то ДН строят также для вертикальной или горизонтальной плоскости относительно поверхности Земли.

С ДН связан один из важнейших параметров антенны – коэффициент усиления, величина которого тем больше, чем лучше.

1.1.5 Коэффициент усиления

Одним из наиболее важных параметров антенн является коэффициент усиления. Данный коэффициент характеризует антенну с точки зрения эффективности преобразования энергии, а также её направленных свойств.

Коэффициент усиления антенны равен произведению коэффициента направленного действия (КНД) на коэффициент полезного действия (КПД).

Коэффициент полезного действия антенны учитывает потери энергии в различных элементах антенны. Поэтому необходимо всегда указывать, на выходе какого именно элемента антенны измерено или рассчитано значение коэффициента усиления антенны.

Коэффициент направленного действия показывает выигрыш в мощности, который получается, если использовать направленную антенну по сравнению с ненаправленной. В общем виде этот коэффициент показывает увеличение мощности передатчика, которому эквивалентно превышение сигнала над уровнем помех, которое даёт антенна, при условии, что помехи равномерно распределяются во всех направлениях.

Потребляемая антенной мощность P_a от передатчика не полностью преобразуется в мощность излучения $P_{изл}$; часть её P_n тратится на тепловые потери в самой антенне. Поэтому для излучающей антенны важным параметром является КПД, определяемый выражением (1.3):

$$\eta_a = \frac{P_{изл}}{P_{изл} + P_n} \quad (1.3)$$

КНД и КУ в большинстве случаев вычисляют в логарифмическом масштабе (дБ). В размерности КНД указывают дополнительную букву «и» (дБи) или букву «д» (дБд). Эти буквы показывают, что значения коэффициента направленного действия и коэффициента усиления заданы относительно изотропного (и) или полуволнового (д) вибратора [2].

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.1.6 Поляризационная характеристика

Знание поляризационной характеристики антенны позволяет судить о возможности её использования для приёма на заданном диапазоне частот и определить требуемую ориентацию антенны в пространстве.

Напряжённость электрического поля, создаваемого антенной, характеризуется многими параметрами, основными из которых являются величина и поляризация. Под поляризацией понимается плоскость, проходящая через направление распространения и вектор напряжённости электрического поля. Поляризация электромагнитных волн определяется типом передающей антенны и её положение в пространстве.

1.1.7 Номинальное входное сопротивление

Знание номинального входного сопротивления антенны позволяет правильно выбрать тип кабеля, а степень согласования антенны с кабелем говорит о качестве выполнения антенны с точки зрения величины потерь принимаемого сигнала и возможности появления эхосигналов при многократных отражениях основного сигнала от входа устройства и выхода неидеально согласованной антенны.

В общем случае входное сопротивление антенны содержит как активную, так и реактивную составляющие, которые сложным образом зависят от частоты. В идеально согласованной антенне реактивная составляющая равна нулю, а активная сопротивление кабеля равно волновому сопротивлению кабеля снижения.

Обычно во входном сопротивлении антенны реактивная составляющая не равна нулю, а активная составляющая не равна волновому сопротивлению кабеля. В этом случае в кабель приходит только часть энергии, принятой антенной, и в нем кроме падающей волны, появляются волны, претерпевшие многократные отражения от входа приемника и выхода антенны [2].

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

1.1.8 Согласование антенны с кабелем

Степень согласования антенны характеризуется коэффициентом отражения (Γ), стоячей волны (КСВ) и бегущей волны (КБВ).

Коэффициент отражения выражается через сопротивление антенны Z и волновое сопротивление кабеля W , формула (1.4):

$$\Gamma = \frac{(Z - W)}{(Z + W)} \quad (1.4)$$

Коэффициент Γ является комплексной величиной. В идеально согласованной антенне $\Gamma=0$.

При неидеально согласованной антенне в кабеле на падающую волну накладываются отраженные волны, что приводит к образованию повторяющихся минимумов и максимумов напряжений и токов. Коэффициент стоячей волны (КСВ) равен отношению максимального значения напряжения к минимальному значению (1.5):

$$КСВ = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}, \quad (1.5)$$

где $|\Gamma|$ - модуль коэффициента отражения.

Часто вместо КСВ пользуются обратной ему величиной называемой коэффициентом бегущей волны (КБВ) (1.6):

$$КБВ = \frac{1}{КСВ}. \quad (1.6)$$

КСВ является одним из важнейших эксплуатационных параметров антенн, легко контролируемым при изготовлении и в процессе эксплуатации антенн [2].

1.2 Дисконусная антенна

В 1982 году радиолюбители получили разрешение на использование нескольких КВ диапазонов. После этого возрос интерес к антеннам с круговой диаграммой. Преимуществами таких антенн является возможность работать без особых настроек в большом количестве диапазонов. Наиболее широкополосной антенной является дисконусная. Эта антенна впервые была разработана в 1945 году А. Г. Кандояном [3]. Автор отнес свое изобретение к радиоантеннам, в частности к широкополосным антеннам для работы на высоких частотах, для того чтобы применить свое изобретение в авиационной связи. В то время возникла необходимость в разработке специальных антенн и антенных систем, пригодных для установки на летательные аппараты. Условия полета таковы, что эти антенны обязательно должны быть маленькими и с жесткой конструкцией, а также обеспечивать минимальное сопротивление ветру, чтобы полета самолета был беспрепятственным. Данное изобретение подходило для установки на поверхность фюзеляжа или другого компонента конструкции самолета. В некоторых вариантах антенна имеет обтекаемый защитный экран или корпус, чтобы значительно уменьшить сопротивление ветра. На рисунке 1.2 представлены различные варианты осуществления дисконусной антенны из патента, принадлежащему А. Г. Кандояну.

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Feb. 6, 1945.

A. G. KANDOIAN

2,368,663

BROAD BAND ANTENNA

Filed May 15, 1943

Fig. 1.

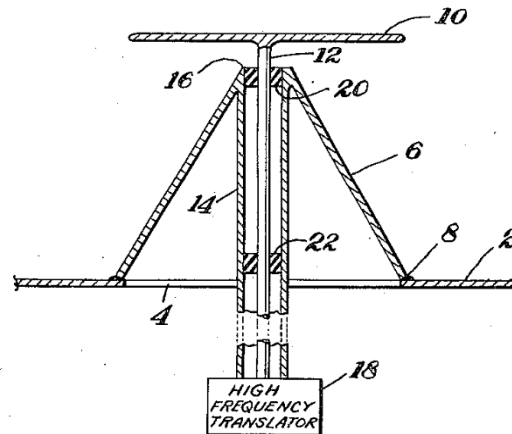


Fig. 2.

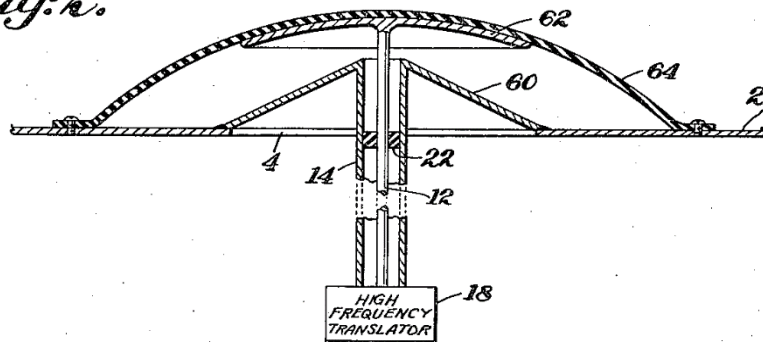


Fig. 4.

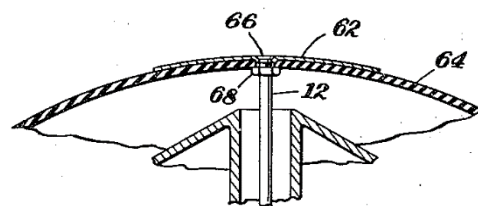
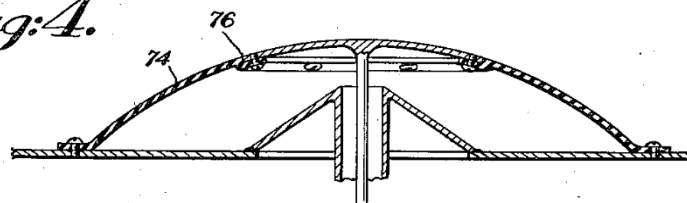


Fig. 5.

INVENTOR.

ARMIG G. KANDOIAN

BY

Percy P. Lantz
ATTORNEY

Рисунок 1.2 – Патент на изобретение дискоконусной антенны

№2,368,663.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КТНЦ.464651.001 ПЗ

Лист

18

Советские радиолюбители так же интересовались дискоконусной антенной. Вариант конструкции был опубликован в журнале радио в выпуске №8 в 1958 году [4].

Позже область использования данной антенны стала различной. В настоящее время применяется как в коммерческом, авиа, железнодорожном вещании, так и в системах связи военного назначения.

Так в авиа вещании используется радиостанция «Полет-1», рисунок 1.3. Она обеспечивает прием и передачу телефонных сообщений и данных на каналах авиационной подвижной службы связи ГА. В настоящее время это радиостанция применяется только для связи с воздушными судами. Модуляция при передаче телефонных сообщений может осуществляться сигналом от динамического микрофона типа МД-80А или сигналом, подаваемым по симметричной двухпроводной телефонной линии. Питание радиостанции может осуществляться от сети переменного тока 50Гц напряжением 176–220 В или от источника постоянного тока напряжением 24,3–29,7 В. Диапазон рабочих частот: 100–149,975 МГц [5].



Рисунок 1.3 – Радиостанция Полет Новосибирского радиозавода.

Полезной нагрузкой радиостанции является дискокonusная антенна с сопротивлением излучения 50 Ом. Антенна является диапазонной и представляет собой вертикально поляризованный полуволновой несимметричный вибратор дискокonusного типа. В горизонтальной плоскости антенна является ненаправленной. Для увеличения дальности связи антенна устанавливается на 5 метровой мачте. Конструктивно антенна состоит из корпуса, образованного 8 лучами, и веерообразного металлического диска. Диск соединен с шиной ВЧ кабеля, проходящего внутри трубы, на которой смонтировано вся антенна. Антенна соединяется с приемо-передатчиком ВЧ кабелем типа РК-50-7-15.

Для железнодорожного транспорта критериями для антенны являются малые габариты, высокая механическая прочность. В качестве примера можно привести локомотивную антенну АЛ/23, рисунок 1.4. Данная антенна предназначена для подвижных объектов железнодорожного транспорта. Пример показан на рисунке 1.5. Рабочие частоты: 151–156 МГц и 307–344 МГц. Питание антенны через коаксиальный разъём СР 50–165 ФВ [6].



Рисунок 1.4 – Локомотивная антенна АЛ/23.



Рисунок 1.5 – Пример использования локомотивной антенны АЛ/23.

Пример использования дискоконусной антенны в военной области можно наблюдать на РАС «Чернослив», рисунок 1.6. Данная ультракоротковолновая радиостанция на двух автомобилях ЗИС–151 обеспечивала телефонную радиосвязь наземных станций с самолетами. В автомобиле размещалась электростанция и дискоконусная антенна. Антенна поднималась на 16,5 м как показано на рисунке 1.7. Дальность действия такой радиостанции была от 90 до 350 км, и на высоте до 10 км. Выпускалась с 1950 года [7].



Рисунок 1.6 – РАС «Чернослив».

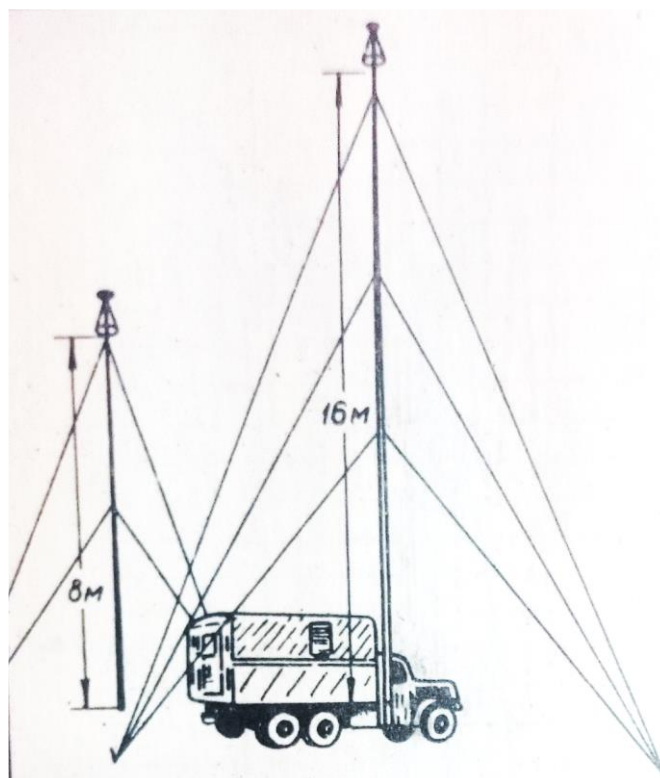


Рисунок 1.7 –Высота поднятия антенны.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КТНЦ.464651.001 ПЗ

Лист

22

Дискоконусная антенна представляет собой излучатель с вертикальной поляризацией, имеющий горизонтальную круговую диаграмму направленности.

Антенна состоит из металлических конуса и диска. Диск расположен сверху над конусной частью антенны. Конус и диск антенны обычно изготавливают из меди, латуни или жести [8]. Механически диск скрепляют с конусом с помощью 3-4-х диэлектрических опор. Антенны с такой конструкцией чаще всего используют в метровом и дециметровом диапазоне волн. Существуют и другие варианты представления данной антенны. Для обеспечения более меньшего веса, а также снижения ветрового сопротивления диск и конус заменяют металлическими прутками, трубками или проводами. Это также уменьшает затраты на изготовление. В промышленности для изготовления диска и конуса используют от шести до двенадцати прутков, чаще всего восемь. Такие антенны используются в основном в диапазонах коротких и метровых волн. Также существуют антенны смешанной формы, где вместо конуса используются прутки, а диск остается сплошным; антенны с тонким проводом или с проволочной сеткой. Изображение конструкций антенн показано на рисунке 1.8. К центральной части диска антенны подключается центральная жила коаксиального кабеля, экран кабеля объединяется с конусом [9].

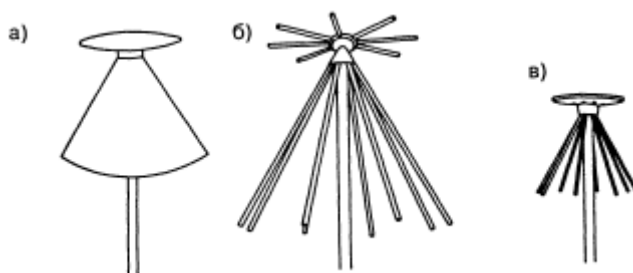


Рисунок 1.8 – Варианты конструкций дискоконусной антенны.

Оптимальной величиной угла при вершине конуса равен 60° . Были проведены исследования, которые доказали оптимальность именно такой величины угла [10]. Исследования показали, что при угле 60° антенна имеет широкий частотный диапазон, где КСВ не превышает 2. Исследования

проводились для кабеля 50 Ом. Диаграмма направленности в плоскости Н является круговой и не зависит от угла раскрыва на всех рабочих частотах.

Характеристика излучения дискоконусной антенны в горизонтальной плоскости имеет вид круга, т. е. она излучает энергию во все стороны одинаково. Характеристика излучения в вертикальной плоскости показана на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – Характеристика излучения в вертикальной плоскости.

Одной из важных характеристик является нижняя предельная частота f_n . Это наименьшая рабочая частота, на которой величина КСВ, в 50-омном коаксиальном кабеле не превышает 3. Электрически дискоконусная антенна ведет себя как фильтр верхних частот.

Дискоконусная антенна, имеет гораздо большую полосу пропускания, чем коаксиальная антенна, хотя она обладает тоже круговой диаграммой направленности и имеет тот же способ питания. Если сравнивать с обычным диполем, то коэффициент усиления дискоконусной антенны уменьшается на 3дБ. Этому не стоит удивляться, потому что антенна имеет правильную диаграмму направленности с очень большой полосой пропускания.

1.3 Коаксиальный кабель

Область применения коаксиальных кабелей различна. Их используют в качестве фидеров, линий дальних связей, элементов полосовых и режекторных фильтров в промышленной, телевизионной, радиолокационной, связной и другой радиоаппаратуре.

Гибкие коаксиальные кабели применяются для устройства междублочных соединений и монтажа радиоаппаратуры. В то время как жесткие коаксиальные линии применяют в качестве колебательных контуров многих устройств метрового и дециметрового диапазона волн.

Коаксиальный кабель состоит из несимметричных пар проводников. Внутренняя жила и соосная с ней внешняя жила, которая отделяется от внутренней жилы диэлектрической изоляцией [11].

Коаксиальная пара пропускает широкий спектр частот. Обеспечивается это коаксиальным расположением внутреннего и внешнего проводника. В результате взаимодействия электромагнитных полей внутреннего и внешнего проводников получается, что внешнее поле становится равным нулю, рисунок 1.10.

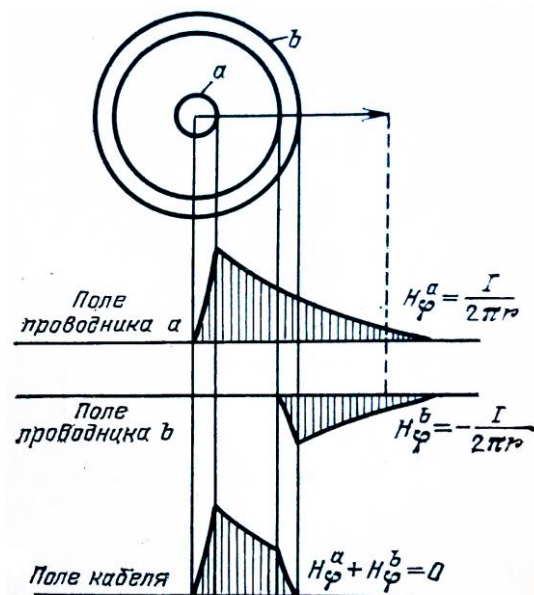


Рисунок 1.10 – Магнитное поле коаксиальной пары.

Силовые линии магнитного поля расположены внутри коаксиальной пары, их вид имеет форму концентрических окружностей; вне коаксиальной пары магнитное поле отсутствует. Аналогично и с электрическим полем – оно также внутри коаксиальной пары замыкается по радиальным направлениям между проводниками, а вне данного поля равно нулю. За счёт отсутствия внешнего электромагнитного поля у коаксиальных кабелей имеется ряд достоинств: широкий диапазон частот, большое число каналов, защищенность от помех [11].

Гибкий коаксиальный кабель конструктивно состоит из внутреннего проводника, внешнего проводника, изоляцией между ними и защитной оболочки.

Внутренний проводник изготавливается из металла с высокой удельной проводимостью. Чаще всего внутренний проводник выполняется из электролитической меди, может быть, как сплошным, так и изготавливаться из нескольких свитых проводников. Витой кабель применяется там, где необходима повышенная гибкость в условиях эксплуатации. При этом кабели, с витыми проводниками имеют большие потери, чем в кабелях со сплошным внутренним проводником при прочих равных условиях.

Если требуется чтобы кабели, обладали повышенной прочностью, внутренний проводник выполняется из стали, покрытой слоем электролитической меди.

Следует отметить, что важным фактором является чистота и наличие хорошей обработки внутреннего проводника. Загрязнение поверхности провода вызывают дополнительные потери, а в совокупности с шероховатостью уменьшают электрическую прочность.

Изоляция, выполняется из диэлектрика, который должен иметь механическую и электрическую прочность, как можно меньшие потери. А так же должен обладать устойчивыми электрическими и механическими характеристиками, при изменении температуры. В большинстве высокочастотных гибких кабелях изоляция выполнена из полиэтилена, $\epsilon=1,6$.

Большинство кабелей имеют сплошную изоляцию (рисунок 1.11), так как такая изоляция обладает высокой механической прочностью.

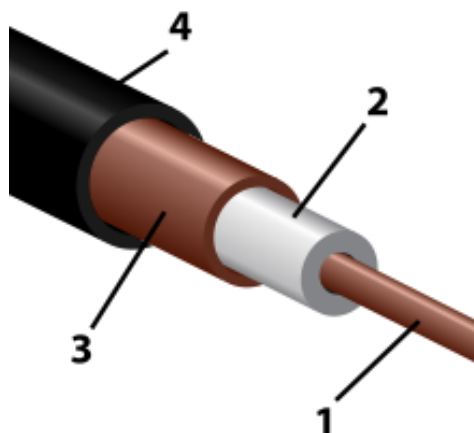


Рисунок 1.11 – Конструкция коаксиального кабеля. 1 – внутренний проводник, 2 – изоляция, 3 – внешний проводник, 4 – защитная оболочка.

Волновое сопротивление кабеля со сплошной полиэтиленовой изоляцией в 1,52 раза меньше, по сравнению с волновым сопротивлением кабеля с воздушным диэлектриком, который имеет такое же соотношение диаметров внешнего и внутреннего проводников. При этом кабель со сплошной полиэтиленовой изоляцией имеет гораздо большие потери.

Также существует комбинированная воздушно–пластмассовая изоляция. Она применяется в тех случаях, когда кабелю необходимо иметь высокое волновое сопротивление (рисунок 1.12). Диэлектрическая проницаемость изоляции такого кабеля будет меньше, чем у кабеля со сплошной изоляцией, потому что у воздушно–пластмассовой изоляции в конструкции присутствуют воздушные включения. Такая изоляция по сравнению со сплошной изоляцией обладает меньшей механической прочностью [12].



Рисунок 1.12 – Коаксиальный кабель с воздушно–пластмассовой изоляцией.

Конструкция внешнего проводника состоит из тонких медных проволок в виде цилиндрической оплетки. Существует также вариант выполнения внешнего проводника в виде сплошной медной трубки. Оплетка имеет большее удельное сопротивление и хуже экранирует кабель, в сравнении со сплошной медной трубкой. Поэтому кабель с внешним проводником в виде оплетки имеет большие потери, по сравнению с кабелем, в котором внешний проводник – сплошная трубка.

Защитная оболочка обеспечивает внешнюю защиту кабеля от атмосферных воздействий, механических повреждений. Обычно выполняется из поливинилхлорированного пластика. У некоторых кабелей для защиты от механических повреждений используется броня из стальных лент или проволок, накладываемых поверх кабеля. Кабели, предназначенные для прокладки в земле по мимо брони пропитывают специальным составом против гниения [12].

2 Моделирование дискоконусной антенны

2.1 Моделирование дискоконусной антенны однородной формы

Для моделирования дискоконусной антенны необходимо определить размеры составных частей антенны, выбрать материал для каждой части антенны. Моделируемая антенна, как следует из ее названия состоит из диска и конуса, где диск является излучающим элементом, а конус противовесом излучающему элементу.

В качестве материала конуса выберем латунь, сам конус представляет из себя фигуру в форме воронки. Для материала диска выберем аналогичный материал.

Перейдем к расчету размеров антенны.

Воспользуемся графиком, изображенном на рисунке 2.1 [13]. Согласно техническому заданию минимальная рабочая частота составляет 470 МГц. Из графика видно, что на данной частоте размер D будет равен 220 мм. Таким образом, антенна будет иметь следующие размеры:

- диаметр диска $0,7 \cdot 220 = 154$ мм;
- диаметр основания конуса 220 мм;
- длина образующей конуса 220 мм;
- угол раскрыва конуса 60° ;
- расстояние от конуса до диска 5 мм.

Угол раскрыва конуса равен 60° , так как является самым оптимальным. Именно при таком угле достигается наиболее широкий диапазон частот, где КСВ не превышает 2. Данный факт подтверждается исследованиями для кабеля 50 Ом. В остальных случаях, как в сторону роста, так и уменьшения наблюдались различные пики и сужения полосы [10].

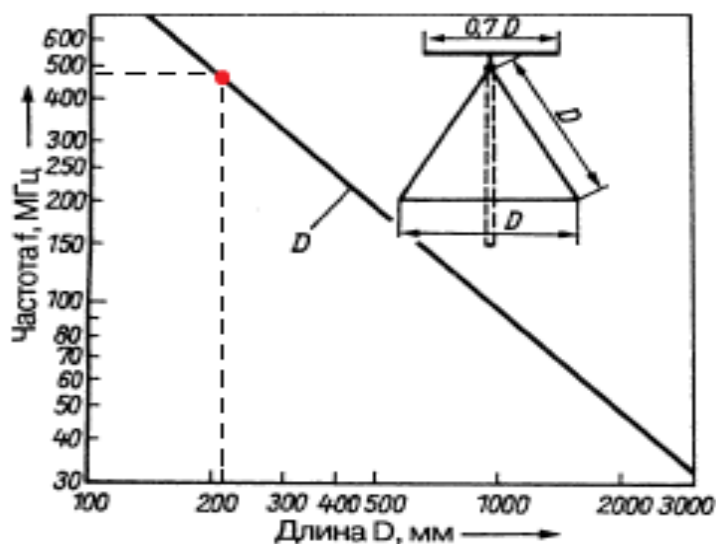


Рисунок 2.1 – График для определения размера D дискоконусного излучателя в зависимости от минимальной рабочей частоты f (в мегагерцах).

Эскиз антенны представлен на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Дискоконусная антенна.

Следующим этапом является выбор коаксиального кабеля. В качестве коаксиального кабеля выбран РК 75-3-32. Данный кабель является радиочастотным кабелем, состоит из однопроволочного внутреннего проводника, изоляции, выполненной из пористого полиэтилена, и внешнего проводника в виде оплетки из медных проволок.

Параметры кабеля:

- диаметр внутреннего проводника (медь) 0,6 мм;
- диаметр изоляции (вспененный полиэтилен) 2,7 мм;
- диаметр внешнего проводника (медь) 4,4 мм;
- волновое сопротивление 75 ± 5 Ом.

На рисунке 2.3 представлен внешний вид антенны, спроектированной в САПР «CST Microwave Studio. Студенческая версия».

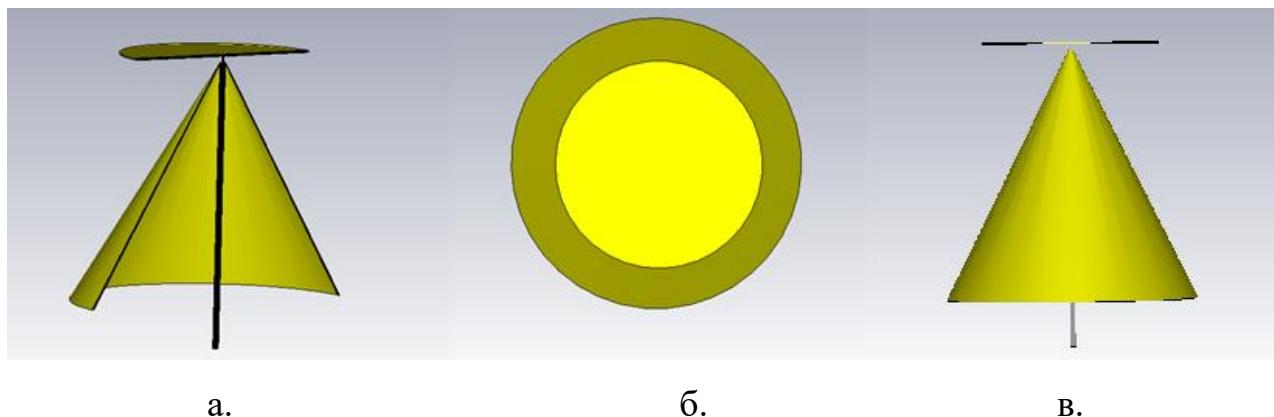


Рисунок 2.3 – Дисконусная антенна: вид сбоку в разрезе (а), вид сверху (б), вид сбоку (в).

Диск антенны построен при помощи элемента «Cylinder», с радиусом 110 мм, толщиной 1 мм. Конус с помощью элемента «Cone», с радиусом основания «Bottom radius» 110 мм. Чтобы конус имел форму усеченного зададим верхний радиус «Top radius» 2,3 мм. Данный размер выбирается с учетом толщины кабеля. При помощи полей Z_{min} и Z_{max} зададим высоту конуса. Высоту конуса находим из рисунка 2.4.

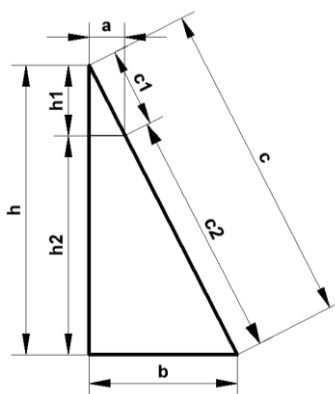


Рисунок 2.4 – Сечение конуса.

Из расчета размеров антенны известно:

$$a = 2.3; b = 110 \text{ мм}; c_2 = 220 \text{ мм}; h_1 = 5 \text{ мм};$$

Длина гипотенузы c_1 находится по теореме Пифагора:

$$c_1 = \sqrt{a^2 + h_1^2} = \sqrt{2.3^2 + 5^2} = 5.5 \text{ мм}; \quad (2.1)$$

$$c = c_1 + c_2 = 5.5 + 220 = 225.5 \text{ мм}; \quad (2.2)$$

Длина катета h также находится по теореме Пифагора:

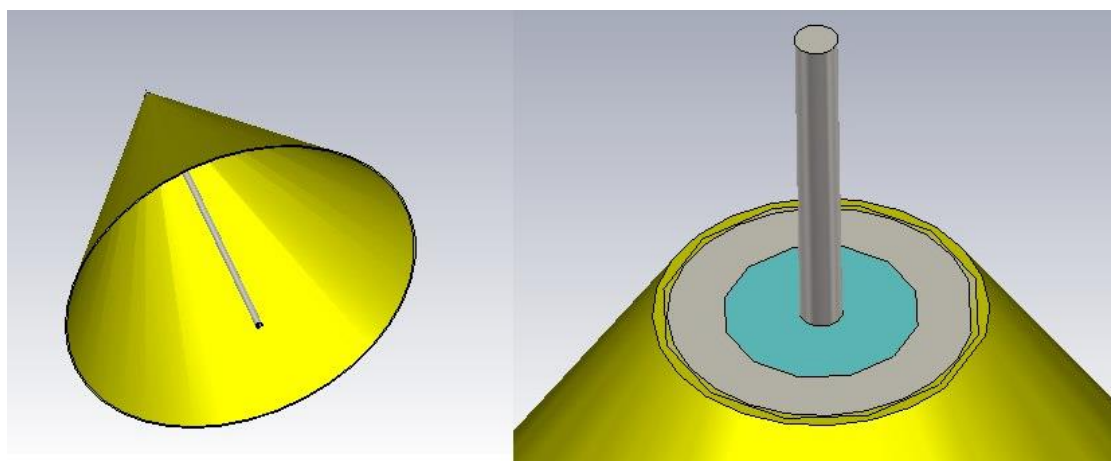
$$h = \sqrt{c^2 - b^2} = \sqrt{225.5^2 - 110^2} = 196.9 \text{ мм}; \quad (2.3)$$

Тогда, высота усечённого конуса:

$$h_2 = h - h_1 = 196.9 - 5 = 191.9 \text{ мм}; \quad (2.4)$$

Для того что бы получить полый конус, с толщиной боковой поверхности 1 мм, воспользуемся опцией «Boolean Operation» – «Subtract», тем самым произведя вычитание из текущего конуса, конуса с меньшими диаметрами.

Коаксиальный кабель спроектирован при помощи трех элементов «Cylinder», центральная жила (радиус 0,3 мм), изоляция (радиус 1,35 мм), внешний проводник (радиус 2,2 мм). Центральная жила длиннее остальных частей кабеля на 5 мм, для того чтобы иметь соединение с центром диска. Внешний проводник имеет соприкосновение с конусом, что показано на рисунке 2.5.



а.

б.

Рисунок 2.5 – Конус и коаксиальный кабель: нижняя часть (а), верхняя часть (б).

Добавим в модель антенны дискретный порт, сопротивлением 75 Ом, относительно которого будет рассчитываться КСВ. Порт расположен внутри коаксиального кабеля, как показано на рисунке 2.6.

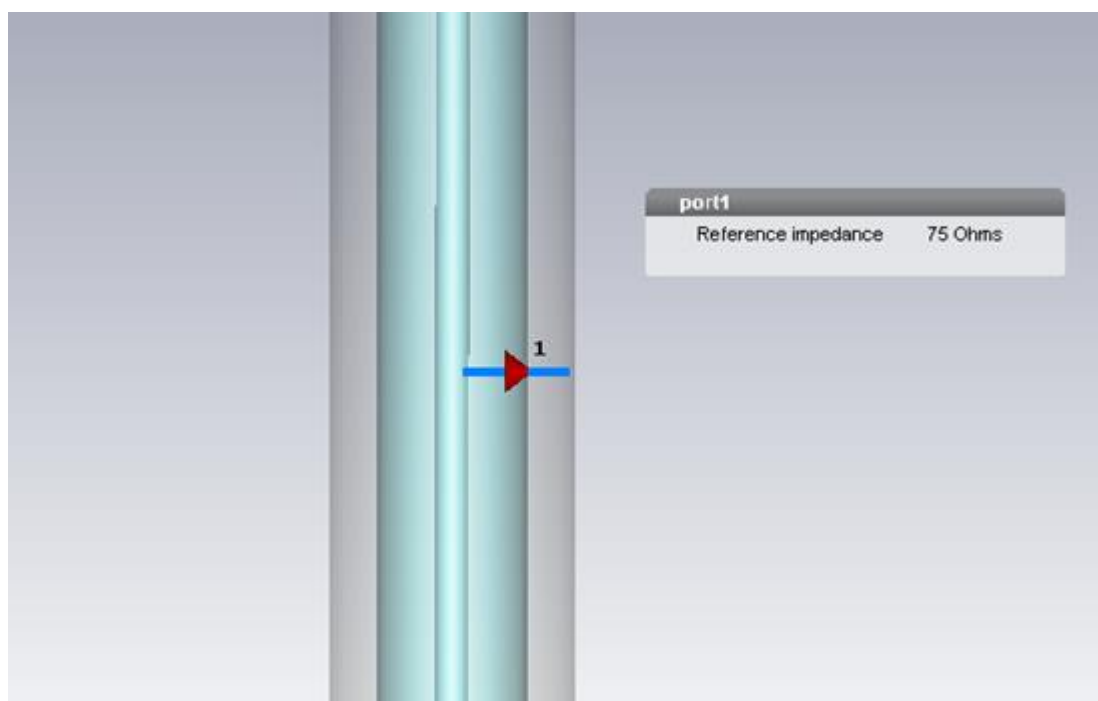


Рисунок 2.6 – Порт.

Частотный диапазон моделирования задается согласно техническому заданию: 470 МГц – 789 МГц.

При расчете антенны, помимо вычисления значений КСВ, необходимо знать ее диаграмму направленности. «CST Microwave Studio. Студенческая версия» позволяет сохранять распределения полей с помощью специальных инструментов – мониторов «Monitors» [14].

Диаграмму направленности будем смотреть на трех частотах: 470 МГц, 629,5 МГц, 789 МГц. Частоты зададим в диалоговом окне «Field Monitor».

В результате моделирования на заданной полосе частот получен КСВ не превышающий 2, что соответствует техническому заданию. Зависимость КСВ от частоты изображена на рисунке 2.7.

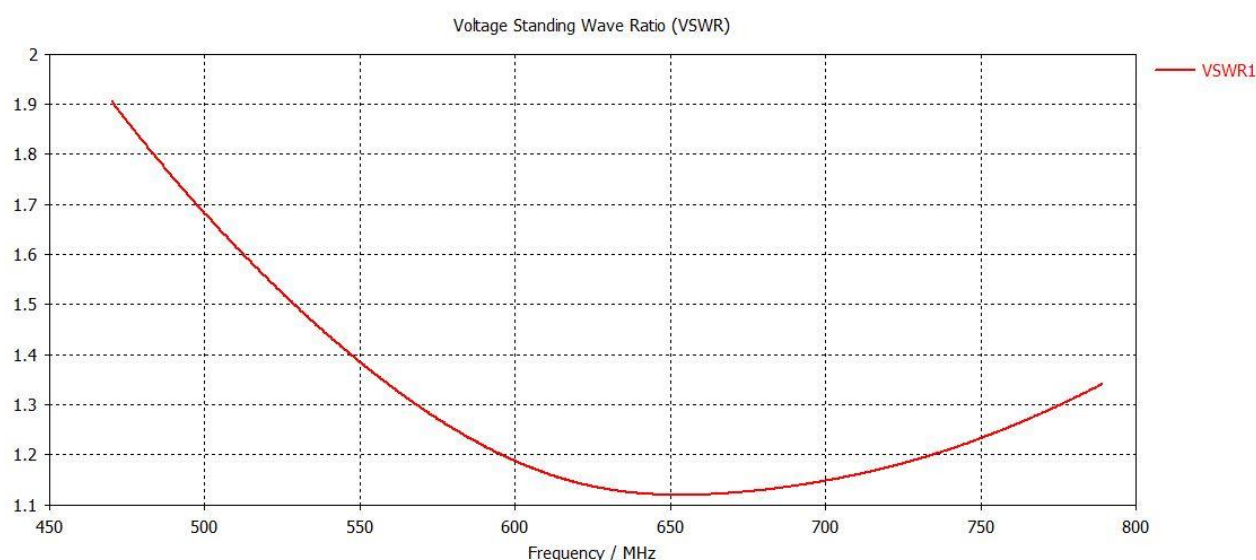


Рисунок 2.7 – Зависимость КСВ от частоты.

Полученные диаграммы направленности также удовлетворяют требованиям технического задания. Трёхмерное изображение диаграмм направленности представлены на рисунках 2.8–2.10.

Коэффициент усиления в пределах нормы. Его значение с ростом частоты увеличивается. На частоте 470 МГц коэффициент усиления равен 2,509 дБи; на частоте 629,5 МГц — 2,808 дБи; на частоте 789 МГц — 2,978 дБи.

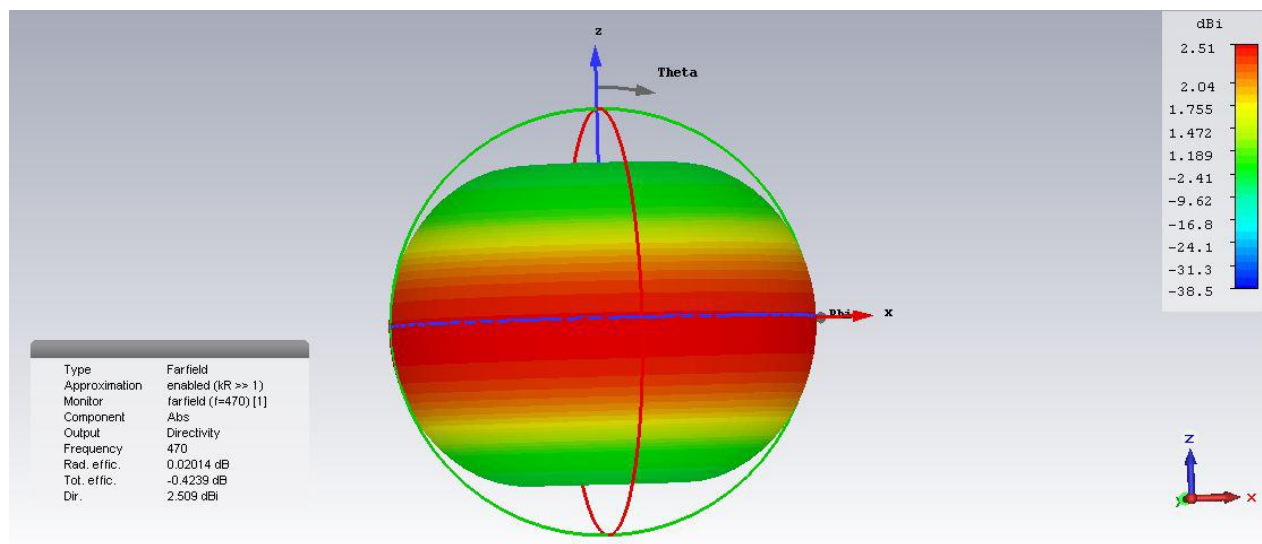


Рисунок 2.8 – Диаграмма направленности на частоте 470 МГц.

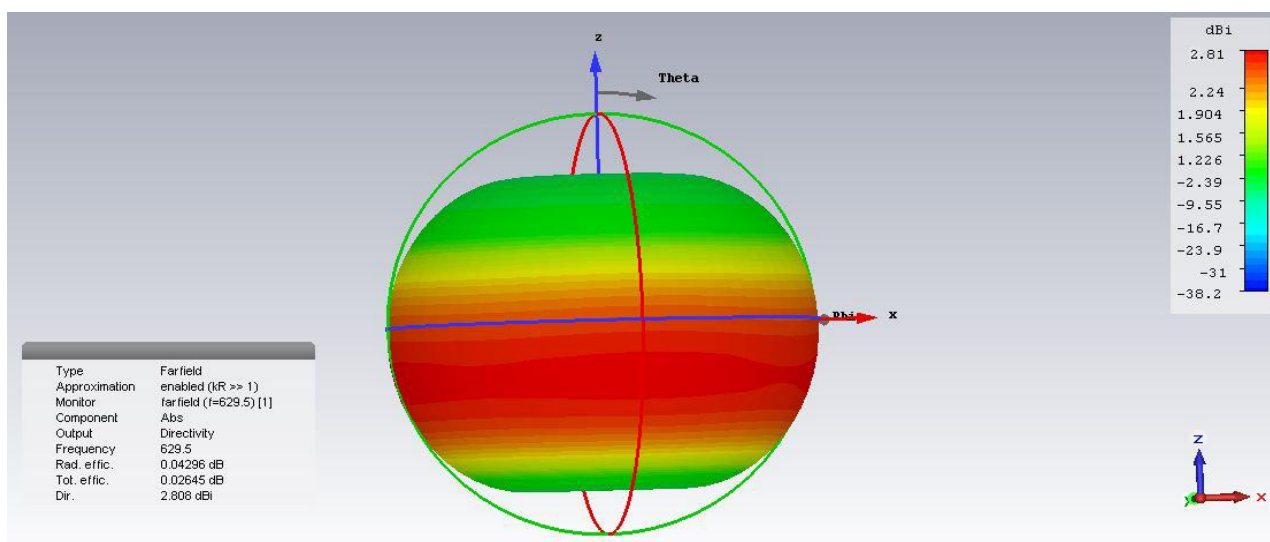


Рисунок 2.9 – Диаграмма направленности на частоте 629,5 МГц.

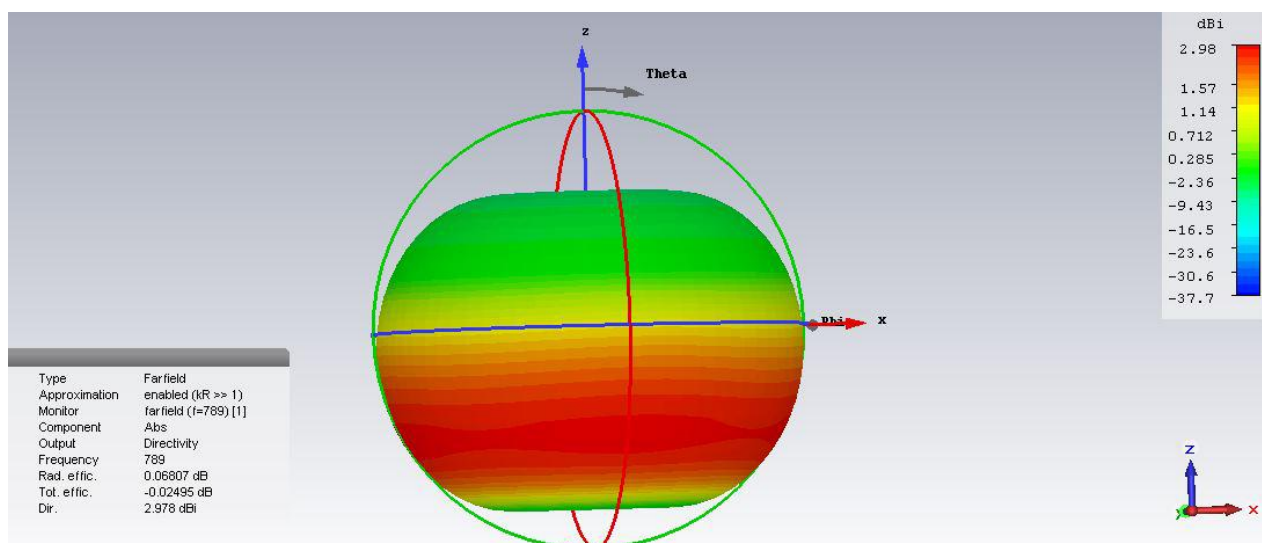
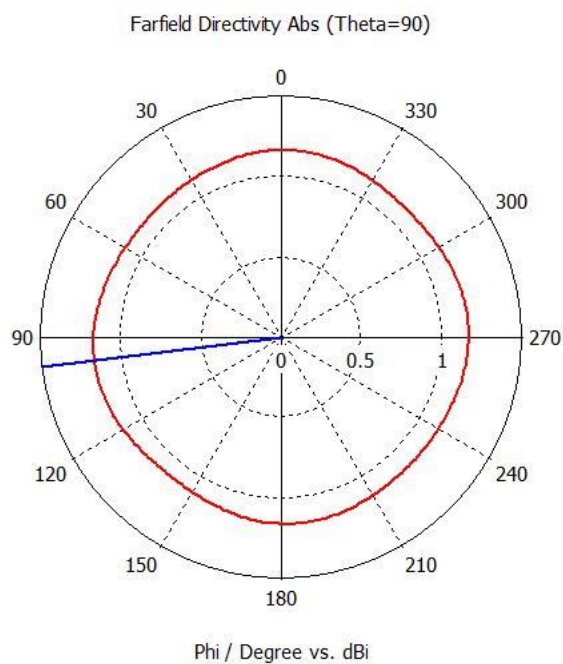
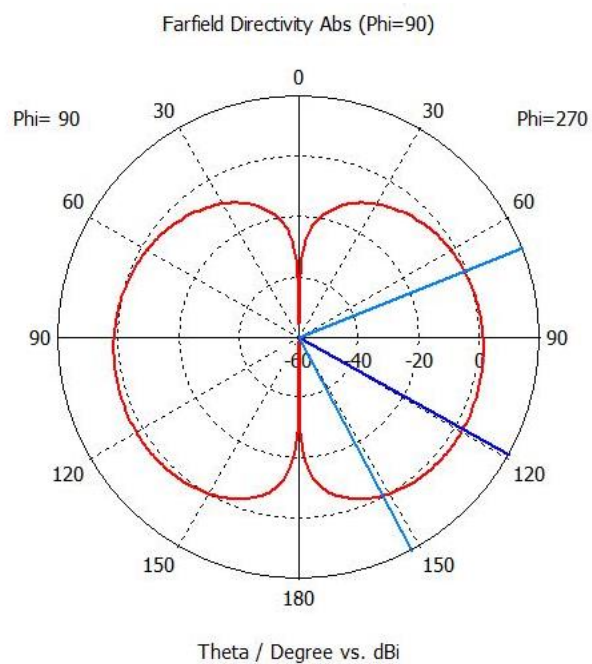


Рисунок 2.10 – Диаграмма направленности на частоте 789 МГц.

Диаграммы направленности в плоскостях Е и Н представлены на рисунке 2.11.



а.



б.

Рисунок 2.11 – Диаграмма направленности на частоте 789 МГц: в плоскости Н (а), в плоскости Е (б).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КТНЦ.464651.001 ПЗ

Лист

36

2.2 Моделирование дискоконусной антенны скелетной формы

Дискоконусная антенна также может иметь скелетную форму. Данная форма позволяет уменьшить ветровую нагрузку, удешевить процесс изготовления, уменьшить материалоемкость изготовления антенны. Для сравнения смоделируем второй вариант антенны. Заменим конус 12 прутками со следующими размерами:

- длина одного прутка 220 мм;
- диаметр одного прутка 2 мм.

Сверху и снизу прутки присоединены к торам. Размеры диска и расстояние между диском и верхним тором остались без изменения.

Так как антенна состоит из 12 прутков, разобьем плоскость нижнего тора на 12 равных сегментов, угол одного сегмента равен 30° .

$$\frac{360^\circ}{12} = 30^\circ.$$

Тор, расположенный снизу построен при помощи элемента «Torus», в внешним радиусом «Large radius» 113 мм, внутренним радиусом «Small Radius» 109 мм. Верхний тор аналогичным образом, с радиусами 4,5 мм и 2,2 мм соответственно.

Трудностью для построения скелетной формы антенны является создание прутков с определенным наклоном к кабелю. Для того что бы изменить угол наклона прутков, создадим локальную систему координат с помощью функции «Local WCS» [15]. Начало координат локальной системы поместим в точку центра окружности нижнего тора. Затем переместим начало рабочей системы координат в первую точку пересечения будущего прутка с тором. Перемещение осуществляется при помощи команды «Move Local Coordinates». Затем выполним вращение плоскости на 31° вокруг оси V, как показано на рисунке 2.12. Вращение выполняется при помощи команды «Move Local Coordinates». Пруток построен с помощью элемента «Cylinder» с радиусом 1 мм.

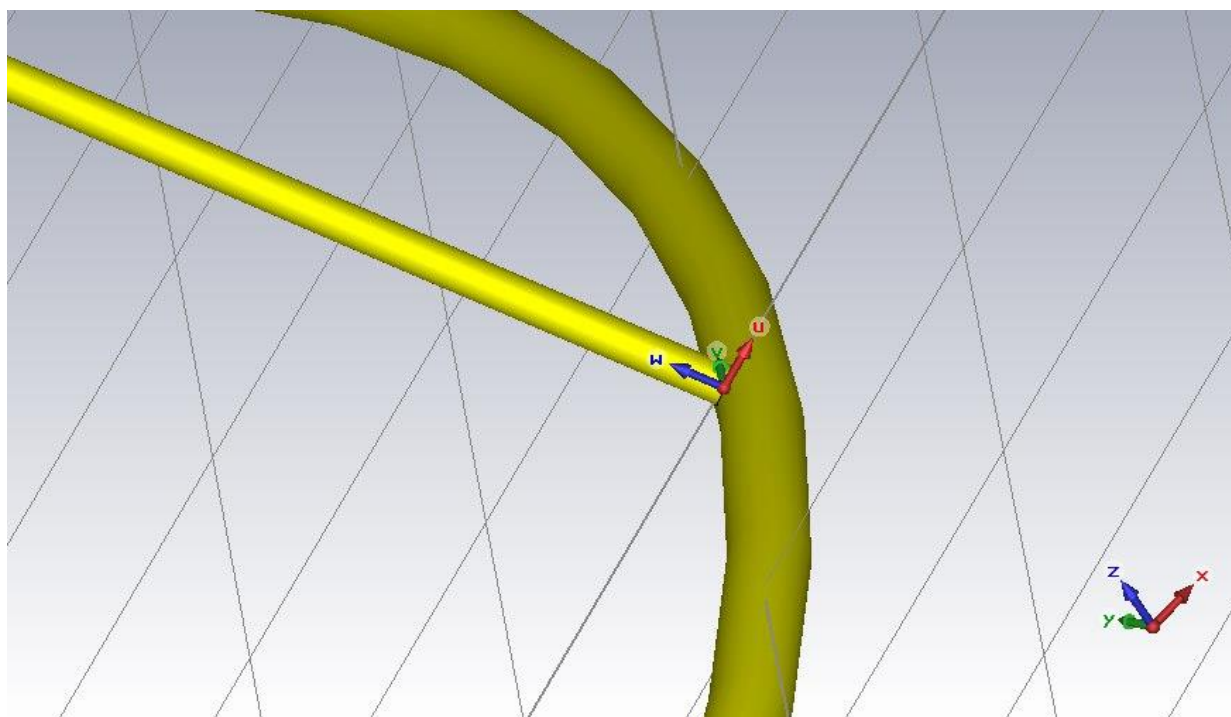


Рисунок 2.12 – Моделирование прутка.

Следующим шагом будет возвращение локальной системы координат в точку соответствующую центру нижнего тора. После этого выполним поворот плоскости вокруг оси W на 30° , переместим начало локальной системы координат в точку пересечения следующего прутка с нижним тором. Дальнейшие действия будут повторяться до тех пор, пока не построим 12 прутков.

Диск и коаксиальный кабель оставим без изменения. Дискретный порт, сопротивлением 75 Ом, относительно которого будет рассчитываться КСВ также остается без изменения. На рисунке 2.13 представлена готовая антенна.

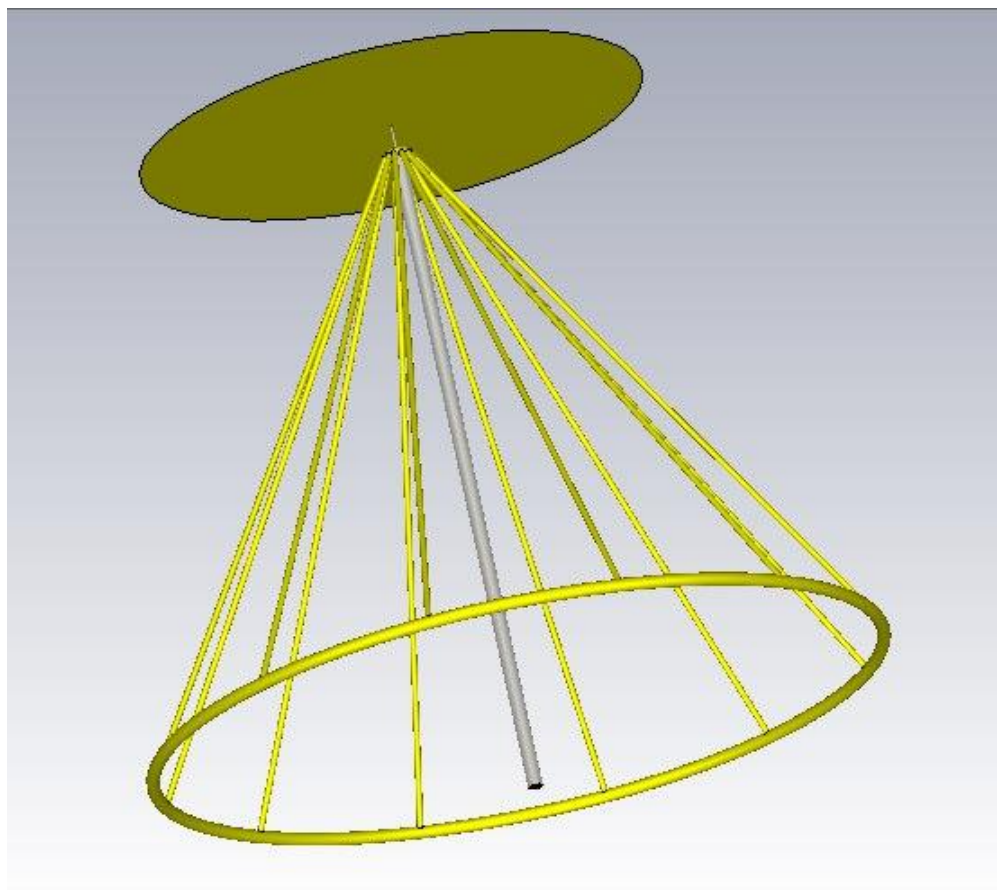


Рисунок 2.13 – Дисконусная антенна скелетной формы.

Как и в первом случае, диаграмму направленности будем смотреть на трех частотах: 470 МГц, 629,5 МГц, 789 МГц, значение КСВ в диапазоне 470 – 789 МГц. Зависимость КСВ от частоты имеет следующий вид, рисунок 2.14.

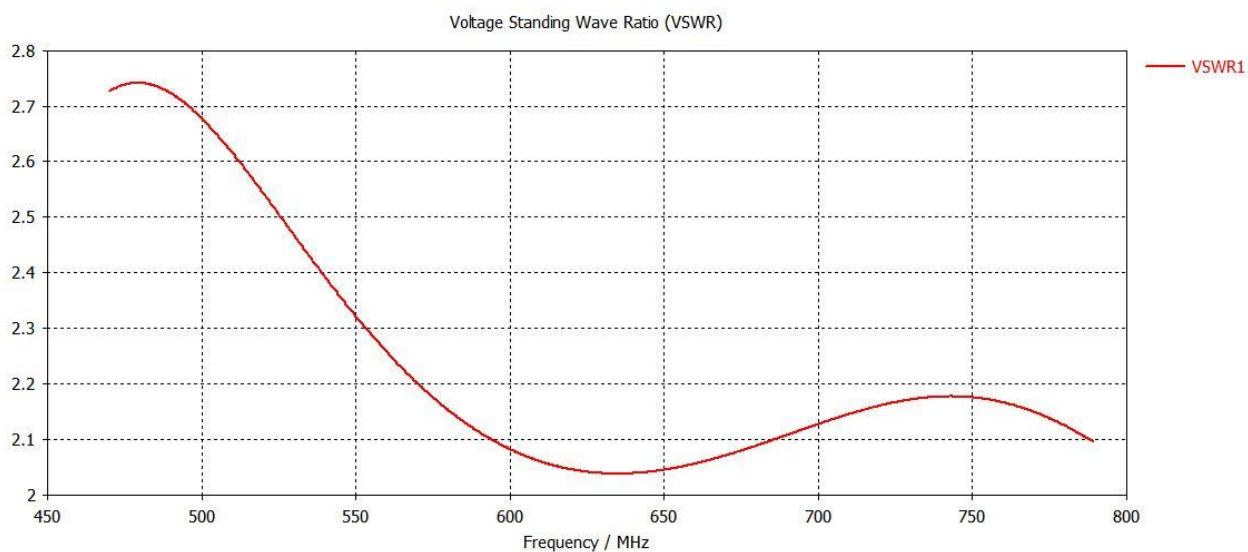


Рисунок 2.14 – Зависимость КСВ от частоты.

Из рисунка видно, что на заданных частотах КСВ стал хуже, чем в первом варианте. Это объясняется тем, что антенна с данной формой используется в диапазонах коротких и метровых волн. Заданный диапазон волн является дециметровым. Диаграммы направленности в плоскостях Е и Н представлены на рисунке 2.15.

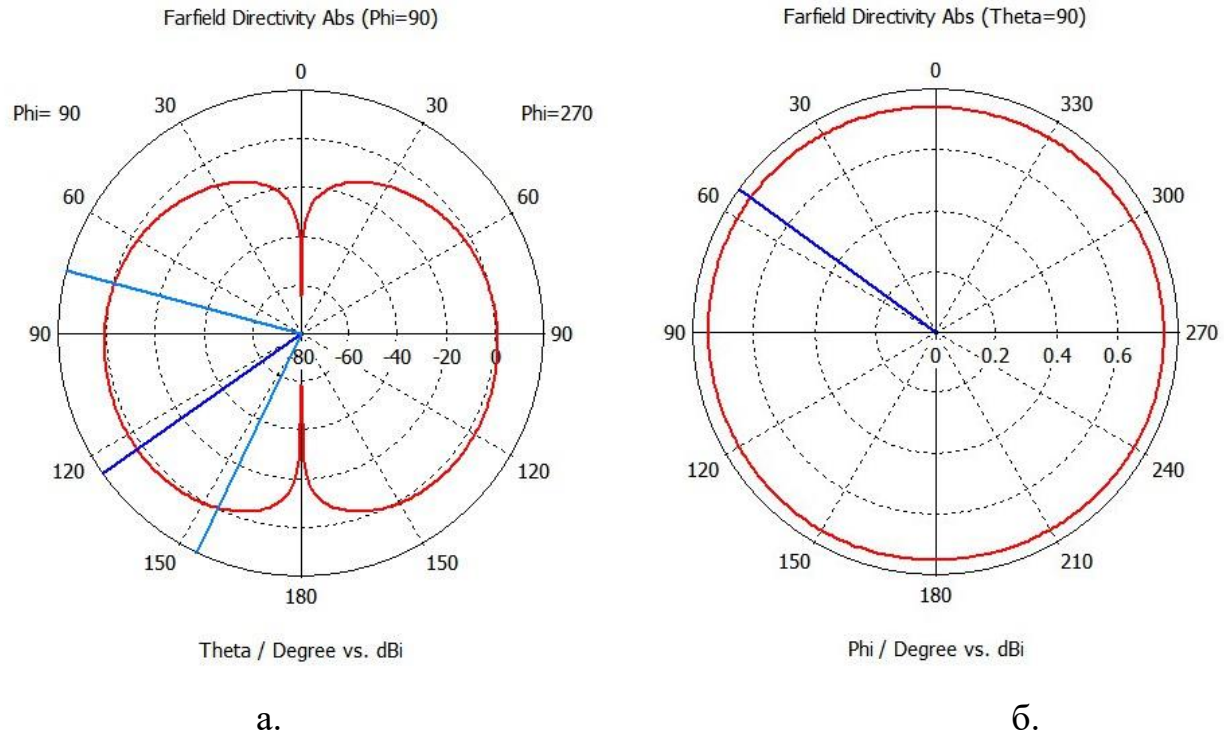


Рисунок 2.15 – Диаграмма направленности на частоте 789 МГц: в плоскости Н (а), в плоскости Е (б).

Трёхмерное изображение диаграмм направленности представлены на рисунках 2.16–2.18.

Коэффициент усиления меньше 3 дБи, что не удовлетворяет техническому заданию. Его значение также, как и в первом случае с ростом частоты увеличивается. На частоте 470 МГц коэффициент усиления равен 1,757 дБи; на частоте 629,5 МГц — 1,965 дБи; на частоте 789 МГц — 2,415 дБи.

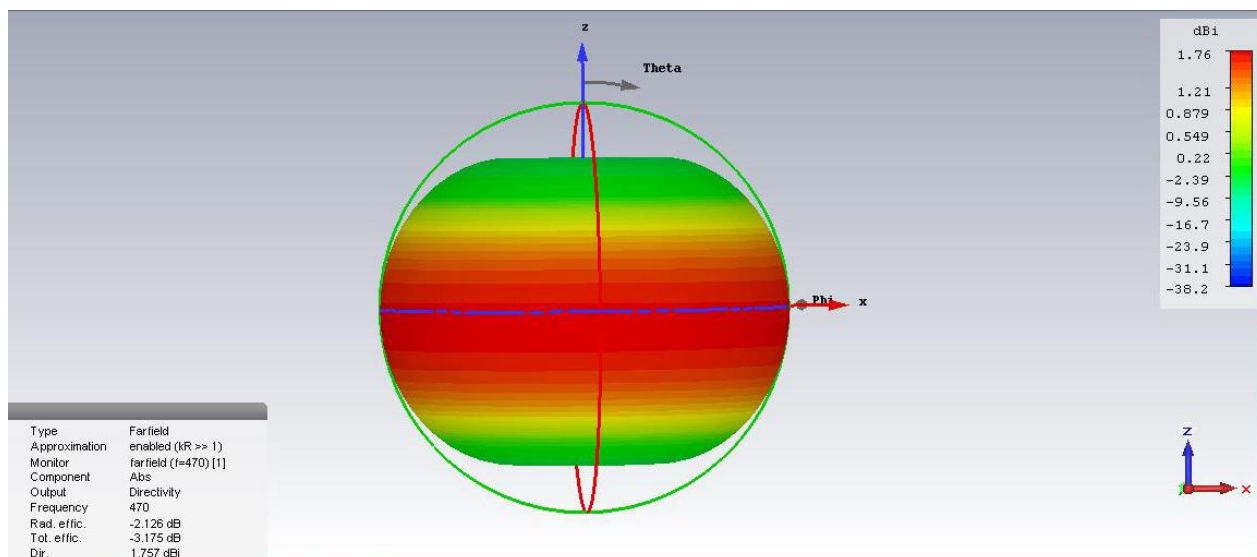


Рисунок 2.16 – Диаграмма направленности на частоте 470 МГц.

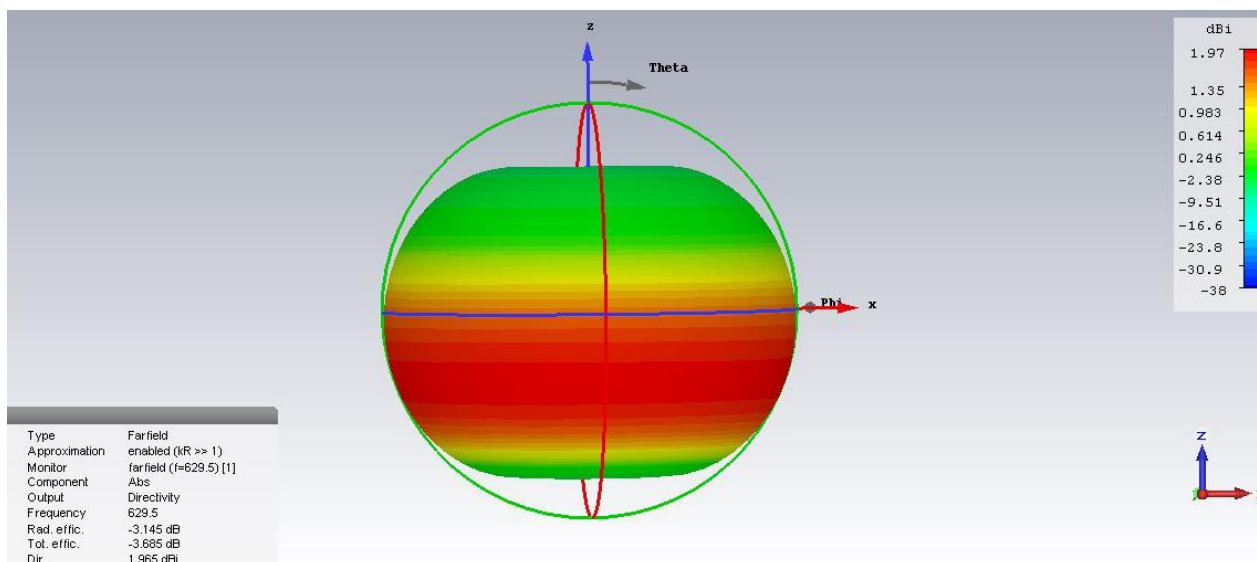


Рисунок 2.17 – Диаграмма направленности на частоте 629,5 МГц.

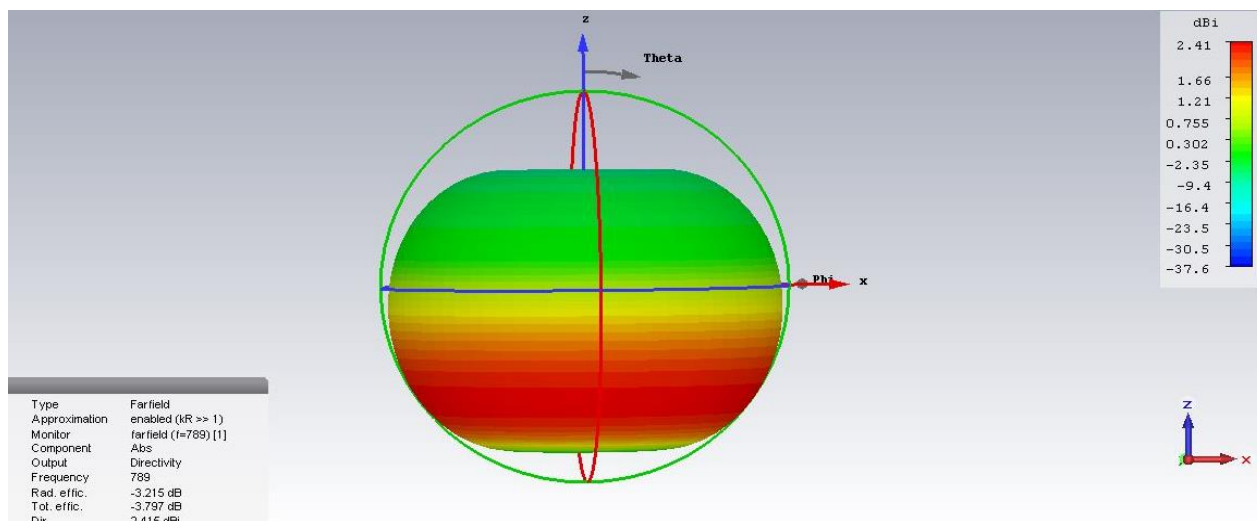


Рисунок 2.18 – Диаграмма направленности на частоте 789 МГц.

3 Организационно – экономический раздел

В этом разделе рассмотрены затраты на моделирование дискоконусной антенны. Нам необходимо провести расчет затрат, осуществляемых при моделировании антенны. Такими затратами являются:

1. Затраты на материалы, используемые в ходе моделирования;
2. Затраты на основную заработную плату научного руководителя и проектировщика;
3. Страховой взнос;
4. Затраты на амортизацию;
5. Затраты на электроэнергию.

3.1 Расчёт затрат на материалы для моделирования.

При моделировании изделия затрачиваются материалы, стоимость которых нам необходимо рассчитать.

Используемые материалы приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Используемые материалы

Материал	Единица измерения	Количество	Цена за ед.	Сумма (руб.)
Набор канцелярских принадлежностей	шт.	1	300	300
Картридж для принтера: Цветной	шт.	1	800	800
ч/б	шт.	1	800	800
Бумага для печати	Упаковка (500 листов)	1	250	250
Итого:				2150

Как видно из таблицы сумма затрат на материалы равна 2150 рублей.

3.2 Расчёт затрат на основную заработную плату

Предполагается, что в настоящей работе принимает участие два человека: научный руководитель и инженер – проектировщик. В данной части работы рассчитана их заработная плата.

Размер основной заработной платы устанавливает по ряду критериев. При этом учитывается категория исполнителей проект, степень трудоёмкости работ, а также средняя заработная плата работников за один рабочий день.

Оклад руководителя проекта за месяц составляет 15000 рублей, инженера–проектировщика – 14000 рублей.

Учитывая, что в месяце 22 рабочих дня (5 дней в неделю), дневная тарифная ставка заработной платы научного руководителя и инженера–проектировщика соответственно будет составлять (3.1 – 3.2):

$$C_{\text{днев.рук}} = \frac{10000}{22} = 454,54 \text{ руб / день} \quad (3.1)$$

$$C_{\text{днев.инж}} = \frac{14000}{22} = 636,36 \text{ руб / день} \quad (3.2)$$

Трудоёмкость для каждого вида работы руководителя и инженера, и оплаты труда приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Трудоёмкость работ

Вид работ	Трудоёмкость (день)		Дневная ставка (руб.)		Сумма (руб.)	
	Руковод.	Инжен.	Руковод.	Инжен.	Руковод.	Инжен.
Состав и утверждение ТЗ	2	2	454,54	636,36	909,09	1272,7
Подбор и изучение литературы	1	10	454,54	636,36	54,54	363,6
Расчёт основных параметров	4	14	454,54	636,36	818,16	909,04
Проектирование антенны в среде «CST Microwave Studio. Студенческая версия»	5	20	454,54	636,36	272,7	2727,2
Оформление итогов работы	—	7	454,54	636,36	—	4454,52
ИТОГО:	12	53	—		454	3727
ВСЕГО:	65		—		39181	

Затраты на основную заработную плату составили: 39181 рублей.

3.3 Страховой взнос

Страховой взнос составляет 30% от дохода. В нашем случае он рассчитывается исходя из данных основной заработной платы (3.3):

$$ЗП_{осн} \cdot 0,3 = 39181 \cdot 0,3 = 11754,3 \text{ руб.} \quad (3.3)$$

3.4 Затраты на амортизацию оборудования

Затраты на амортизацию оборудования включают в себя амортизационные отчисления за эксплуатацию ПК в период проведения исследований, а также затраты на потребление электроэнергии. Затраты на амортизацию вычислительной техники определяются формулой (3.4):

$$A = \frac{C_{\text{бал}} \cdot K_{\text{AM}} \cdot T}{\Phi}, \quad (3.4)$$

где $C_{\text{бал}}$ – балансовая стоимость компьютера;

K_{AM} – коэффициент годовой амортизации техники (для ПК $K_{\text{AM}} = 30\%$);

T – действительное время использования техники;

Φ – номинальное время использования техники.

$$\Phi = 12 \cdot d \cdot B, \quad (3.5)$$

где d – число рабочих дней ($d=22$);

B – время использования ПК в день, ч.

Результаты расчётов по формулам (3.4) и (3.5) представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Затраты на амортизацию оборудования

Наименование	$C_{\text{бал}}$, руб	T , дн	B , час	T , час	Φ , час	A , руб
Ноутбук	45000	65	8	520	2112	3323,8
Мультифункциональное устройство	3000	5	8	40	2112	17,05
Итого	43000	70		560		3340,85

Амортизационные отчисления по своим затратам составили 3340,85 рублей.

Потребляемая электроэнергия рассчитывается по формуле (3.6):

$$C_{эл} = W \cdot T_p \cdot S, \quad (3.6)$$

где W – мощность (кВт);

T_p – время работы (час), $T_p = 560$ ч.;

S – стоимость электроэнергии, $S = 2$ рубля 34 копеек за 1 кВт.

Вычислим затраты на электроэнергию по формуле (3.6).

$$C_{эл} = W \cdot T_p \cdot S = 0,45 \cdot 520 \cdot 2,34 = 547,56$$

3.5 Затраты на накладные расходы

Накладные расходы представляют собой дополнительные затраты к основным расходам. Они необходимы для обеспечения организации и обслуживания производства.

Накладные расходы включаются в себестоимость изделия пропорционально стоимости сырья и материалов либо сумме заработной платы. Включаются в издержки производства и обращения.

Напрямую с основным производством товаров накладные расходы не связаны. В данном случае они составляют 35% основной заработной платы:

$$НР = 0,35 \cdot ЗП_{осн} = 0,35 \cdot 39181 = 13713,35 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составим затраты на научно исследовательскую работу в целом.

Данные приведём в таблице 3.4.

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Таблица 3.4 – Затраты на научно исследовательскую работу

Статьи затрат	Сумма (руб.)	Доля (%)
Материалы	2150	3,05
Основная заработная плата	39181	55,42
Страховой взнос	11754,3	16,62
Амортизация оборудования	3340,85	4,72
Электроэнергию	547,56	0,77
Накладные расходы	13713,35	19,40
ИТОГО:	70687	100

Построим диаграмму по структуре затрат:



Рисунок 3.1 – Структура затрат на моделирование антенны.

Таким образом мы видим, что наибольший удельный вес занимают расходы на основную заработную плату, которая в суммарном выражении составила 39181 рублей.

4 Раздел охраны труда

4.1 Характеристика помещения и рабочего места

Рабочая зона является местом, которое оборудовано разными средствами, которые необходимы для совершения трудовой деятельности, где в течение определённого времени находится сотрудник или группа сотрудников.

От того как организовано рабочее место инженера будет зависеть его безопасность и производительность труда. Рациональная организация рабочего места – это правильно выбранная планировка, хорошее освещение и наличие необходимых технических средств.

К необходимым техническим средствам относят – компьютер, мебель, оргтехника, и, конечно же, средства связи.

Для того что бы инженеру было комфортно работать, что повышает производительность его труда, а также для его безопасности необходим комплекс мер по обслуживанию его рабочего места.

Оборудование должно размещаться согласно требованиям, которые изложены в СанПин 2.2.2./2.4.1340-03.

Перед тем как приступить к работе на ЭВМ необходимо проверить рациональность установления того или иного предмета. Проверить это можно по зонам досягаемости рук.

Необходимо, что бы рабочее место при работе с компьютером удовлетворяло ряду требований (рисунок 4.1) [16]:

- По тыльным сторонам двух мониторов расстояние между рабочими столами с мониторами должно быть больше или равно 2 метрам;
- Также необходимо, что бы расстояние между боковой поверхностью соседних мониторов было не менее 1,2 метра;
- Желательно, что бы рабочие места, которые оборудованы ПК, были изолированы друг от друга перегородками высотой от 1,5 до 2 метров;

- Рабочая поверхность должна иметь возможность регулироваться, ей высота должна быть равна 725мм. Если использовать различные конструкции рабочих поверхностей, то размещение используемого оборудования и документации становится оптимальным;
- Необходимо, что бы рабочее место было оборудовано местом для хранения бумаг и документов;
- Работа будет более комфортной, если использовать специальные кресла со спинкой и подлокотниками, в которых можно регулировать высоту сидения и угол наклона спинки;
- Желательно, что бы на рабочем месте была подставка для ног, у которой также регулируется высота и угол наклона;
- Расстояние на уровне глаз работника до монитора должно быть не менее 500мм;
- Клавиатура размещается на рабочей поверхности на расстоянии 100-300мм от края;
- Освещение в помещении должно быть хорошее. Если не хватает естественного света, то необходимо оборудовать помещение искусственным освещением и переносными светильниками;
- Необходимо также, что бы помещение для работы было оборудовано системами отопления, хорошей вентиляцией и кондиционером;
- Пол должен быть ровным, без выбоин, нескользким. Он должен быть удобен для очистки и влажной уборки, а также обладать антистатическими свойствами.

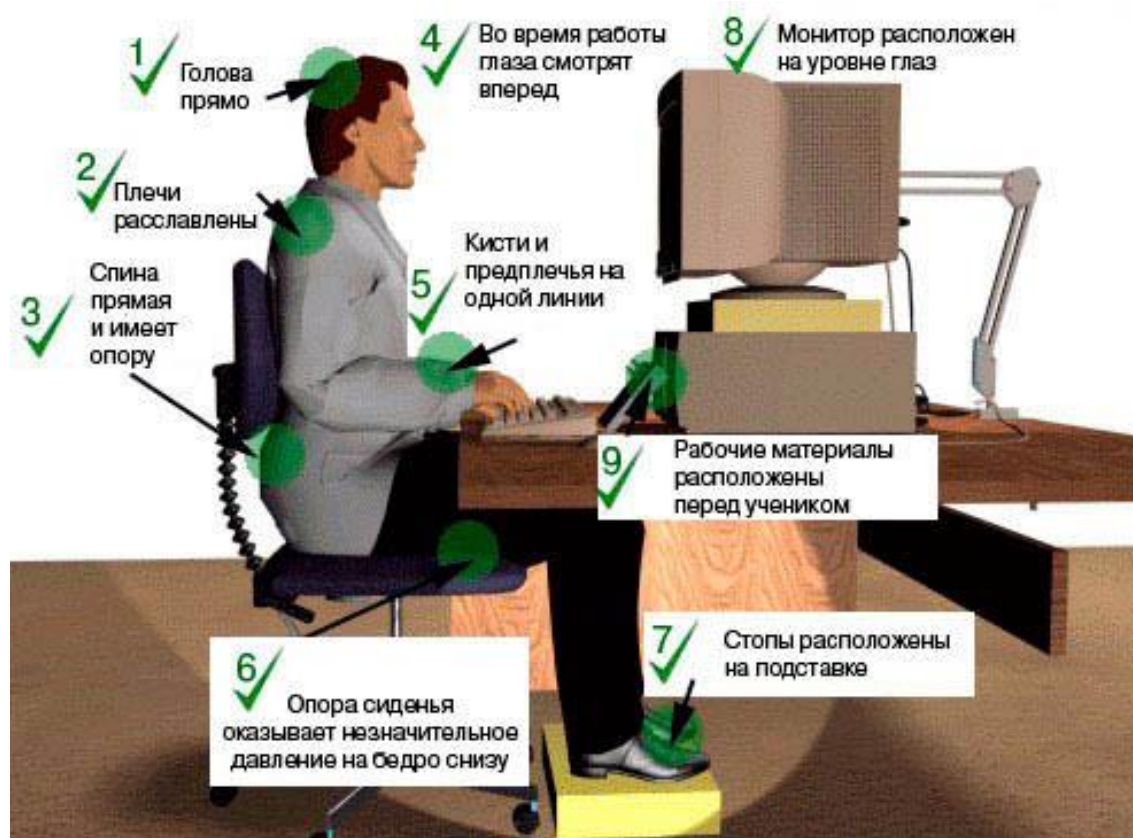


Рисунок 4.1 – Организация рабочего места

Выделяют наиболее важные факторы внешней среды, которые влияют на работоспособность человека: освещение, шум, температура, влажность, вентиляция.

4.2 Освещение помещения

Производственное освещение должно соответствовать требованиям СНиПП-4-79. Если помещение будет хорошо освещено, работнику будет комфортно работать. Правильное освещение оказывает положительное влияние на психику работников, на производительность их труда (при средней трудности зрительной работы на 5-6%, при очень трудной-на 15%), и, конечно, на безопасность их работы.

На рабочие места также необходимо устанавливать источники местного искусственного освещения. Например, настольный лампы, у которых

регулируется наклон плафона и яркость. Но тогда, необходимо следить, что бы свет от лампы не создавал блики на экране.

Что касается цифр, то яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и т.д.) которые находятся в поле зрения человека должна быть менее 200 кд/м².

Блики, вернее их яркость, на экране монитора должны быть менее 40 кд/м², а яркость потолка – 200 кд/м².

Показатель ослеплённости источников общего искусственного помещения должна быть менее 20, а показатель дискомфорта в административно-общественных местах должен быть менее 40.

4.3 Шум в помещении

Шум – фактор, который неблагоприятно воздействует на организм человека. На рабочем месте негативное влияние на работника оказывают такие шумы, как вентиляционные установки, контрольно-измерительное аппаратуры и д.

Под влиянием шума тяжело сосредоточиться на работе, а значит, ухудшается производительность труда. Ухудшается и физическое состояние, что может привести к серьёзному заболеванию работника.

Допустимый уровень эквивалентного шума в помещении – менее 50 дБ, в соответствии с требованиями СанПиН 11 – 12.77.

4.4 Температура, влажность и вентиляция помещений

В рабочих помещениях обязательно должна каждый день проводиться влажная уборка. Также необходимо систематически проветривать помещение после каждого часа работы.

Кроме того, необходимо, что бы помещение было оборудовано системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

					КТНЦ.464651.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 допустимые значения температуры и влажности для помещений с персональным компьютером внесены в таблицу:

Таблица 4.1 – Допустимые параметры микроклимата

Оптимальные параметры		Допустимые параметры	
Температура, °С	Относительная влажность, %	Температура, °С	Относительная влажность, %
19	62	18	39
20	58	22	31
21	55	-	-

Согласно СНиП 2.04.05-91 концентрация вредных веществ в приточном воздухе не должна превышать 0,3 ПДК.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе было проведено исследование принципа работы и моделирование дискоконусной антенны.

Согласно техническому заданию необходимо было смоделировать дискоконусную антенну в частотном диапазоне от 470МГц до 789МГц с КСВ по входу меньше 2, коэффициентом усиления 3дБи.

На начальном этапе были исследованы конструкция и основные параметры дискоконусной антенны, необходимые для моделирования.

В результате была смоделирована дискоконусная антенна однородной формы, удовлетворяющая требованиям технического задания.

В качестве питания использован коаксиальный кабель РК75-3-32. Конус и диск антенны выполнены из латуни.

Для сравнения была смоделирована дискоконусная антенна скелетной формы. В результате полученные характеристики антенны не удовлетворили техническое задание. Предположительно, это связано с тем, что антенна данной формы используется в диапазонах коротких и метровых волн.

Также была рассчитаны затраты, необходимые для выполнения работы. Построена диаграмма структур затрат на моделирование антенны.

Рассмотрены вопросы охраны труда и организации рабочего места для выполнения работы.

Список литературы

1. Дубровский, Вячеслав Анатольевич. Радиотехника и антенны: [Учеб. для сред. спец. учеб. заведений спец. 0704] / В.А. Дубровский, В.А. Гордеев. - Москва: Радио и связь, 1992. - 364 с.
2. Носов, Ю. Н. Энциклопедия отечественных антенн: для коллектив. и индивидуал. приема телевидения и радиовещания: Справ. пособие / Ю.Н. Носов, А.А. Кукаев. — Москва: Солон-Р, 2001. - 251 с.
3. Kandonian, A. G., Three New Antenna Types and Their Applications Proc IRE, February 1946. P. 70–75.
4. В. Батаев. Дисконусная антенна / В Батаев // Радио. – 1958. – №8 – С. 34 – 37.
5. Л-120 - дисконусная антенна от авиационной радиостанции «Полет» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.radioscanner.ru/info/article134/> (дата обращения 24.05.2017)
6. Локомотивная антенна АЛ/23 дисконусная [Электронный ресурс]. URL: http://www.viam-radio.ru/production/antenns/loco/al_23.htm (дата обращения: 26.05.2017).
7. Радиотехнические средства связи и управления [Электронный ресурс]. URL: <http://arsenal-info.ru/b/book/3719460727/48> (дата обращения: 25.05.2017).
8. Ротхаммель, Карл. Антенны: Первое полн. изд. в России / К. Ротхаммель; Пер. с нем. Захарченко С.А. - Санкт-Петербург: Бояныч, 1998. - 656 с.
9. Ротхаммель, Карл Антенны: [пер. с нем.]. - изд. 11-е, полностью перераб. и доп. А. Кришке. - Москва: Данвел. Т. 1. - 2005. - 415 с.
10. Nail, J., Designing Discone Antennas Electronics. August 1953. P. 167–168.
11. ЗагиК Семен Ефимович и Капчинский, Лев Михайлович. Коаксиальные кабели. М.-Л., Госэнергоиздат, 1950.

- 12.Гроднев, Игорь Измаилович, Фролов, Павел Алексеевич. Коаксиальные кабели связи. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1983. - 209 с., ил., включ. обл. - Библиогр. с. 205 - 206.
- 13.Ротхаммель, Карл Антенны: [пер. с нем.]. - изд. 11-е полностью перераб. и доп. А. Кришке. - Москва: Данвел. Т. 2. - 2005. - 415 с.
- 14.Моделирование антенн и элементов тракта: Учебно методическое пособие для выполнения курсовых и самостоятельных работ по учебным курсам «Устройства СВЧ и антенны» и «Антенно-фидерные устройства». / Под ред. Шишакова К. В. – Ижевск: ИжГТУ, 2009. – 127 с.
- 15.Курушин А.А., Пластиков А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. – М. Издательство МЭИ, 2011, 155 с.
- 16.Ефремова О. С. Требования охраны труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство «Альфа- Пресс», 2008. — 176 с.