*Содержание*

 **Аннотация**3

**1.** **Введение**4

2. Обзор литературы по УВЧ-электродам6

**3. Теоретическая часть**18

1. Получение необходимых соотношений

2. Результаты теоретического исследования

**4. Экспериментальная часть**33

1. Методы экспериментального исследования ЗС

2. Метод измерения дисперсионных характеристик

3. Технические данные прибора Х1-42

4. Снятие экспериментальных данных

5. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных

исследований41

**6. Конструкция предполагаемого УВЧ-электрода**43

**7. Охрана труда**46

1. Оценка возможных опасных и вредных факторов

2. Охрана труда при реализации проекта

3. Расчёт защитного экрана от СВЧ-электрода

**8. Экологическая часть**76

1. Влияние СВЧ-электрода на население

**9. Экономическая часть**88

**10. Заключение**93

**11. Список литературы**94

#

***Аннотация***

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, обзора литературы по УВЧ-электродам, четырёх основных глав, охраны труда, экологической и экономической части, заключения и списка литературы.

В данной работе были исследованы теоретические и экспериментальные характеристики связанных цилиндрических спиралей и в результате были определены геометрические параметры замедляющей системы для разработки на её основе излучателя для УВЧ-физиотерапии с рабочей частотой 40 МГц и размером наружного диаметра 23 мм.

В экологической части и охране труда было оценено влияние излучения на человека и его защита.

В экономической части был произведён примерный расчёт стоимости данного проекта.

***1. Введение***

В данной дипломной работе исследуется возможность создания малогабаритных устройств (излучателей) для использования в медицине, в геологии, в физических исследованиях, в промышленности, в нагревательных установках, для контроля физических параметров материалов и окружающей среды, а также для обнаружения скрытых предметов и неоднородностей в электродинамических плотных средах.

Наиболее важными примерами применения являются следующие:

* Физиотерапевтическое лечение людей и животных, а также радиоволновая диагностика различных заболеваний;
* Обеспечение эффективного излучения и приема электромагнитной энергии при микроволновой топографии;
* Обнаружение скрытых предметов и разведка недр;
* Технологические процессы электромагнитного нагрева грунта, строительных материалов, жидкостей и других объектов большой толщины;
* Радиосвязь в воде и под землей.

В качестве базовых были взяты двухпроводные спиральные замедляющие системы. Исследуемые малогабаритные излучатели созданы на основе новых подходов к использованию замедляющих структур и нетрадиционных конструктивных принципов введения в указанные излучатели электромагнитной энергии, что позволило отказаться от использования в них керамического заполнения.

Воплощенные в новых конструкциях оригинальные технические идеи позволяют:

* Обеспечить точную локализацию электромагнитной энергии в облучаемом участке тела;
* Обеспечить доступ к облучаемому участку тела только поля волны магнитного типа;
* Установить излучатель вплотную к облучаемому (исследуемому) участку объекта;
* Изменять площадь зоны облучения при нагруженном воздействии, выбирая переменный по длине излучателя зазор между излучателем и поверхностью облучаемого (исследуемого) участка объекта.

Малогабаритные излучатели безопасны для медперсонала и пациентов. Излучение энергии не происходит, если излучатель не приложен к общему участку. Существенно снижен уровень излучения микроволновой энергии в окружающее пространство.

Повышают комфортность проводимого лечения: малый вес, большой набор излучателей разных размеров с различным распределением электромагнитного поля, что позволяет обеспечить оптимальное воздействие на пораженный участок тела и повысит эффективность проводимой терапии.

Дешевы и высокотехнологичны. Новый метод создания замедляющих структур и принципов их возбуждения позволит достичь высокий точности изготовления, что исключает разброс параметров. Не требуется настройка излучателя на рабочую частоту в процессе производства и при эксплуатации.

В данной работе исследуется теоретические и экспериментальные характеристики малогабаритных излучателей.

**Постановка задачи.**

Исследовать теоретические и экспериментальные характеристики связанных цилиндрических спиралей.

В результате исследований определить геометрические параметры замедляющей системы (связанных цилиндрических спиралей) для разработки на ее основе излучателя для УВЧ-физиотерапии с рабочей частотой 40МГц и размером наружного диаметра 23мм.

**2. 0бзор литературы по УВЧ - излучателям**

В последние годы все более актуальной становится проблема конверсии СВЧ - техники, отличающейся высокой стоимостью и конструктивной сложностью. В этой связи необходимо более широко применять электромагнитный нагрев и создавать приборы на основе систем с распределенными постоянными, в частности замедляющих систем, позволяющих конструировать малогабаритные устройства на относительно низких частотах (вплоть до единиц мегагерц). При этом речь идет о многократном уменьшении резонансных размеров элементов, что существенно увеличивает эффективность использования.

Замедление электромагнитной волны позволяет значительно уменьшить резонансные размеры элементов, а также концентрировать электромагнитную энергию около поверхности.

Варьируя частоту волны, замедление или конфигурацию замедляющей системы, можно изменять область концентрации энергии и характер ее распределения.

Замедление и затухание волны существенно зависят от параметров окружающей среды, а также от расстояния между проводниками замедляющей системы, что позволяет создавать принципиально новые измерительные устройства.

Волновые сопротивления замедляющих систем можно изменить в более широких пределах, чем сопротивления волноводов и полосковых линий, что наряду с фильтрующими свойствами существенно расширяет функциональные возможности замедляющей системы.

Особый интерес представляют связанные замедляющие системы, позволяющие получить очень большое замедление, которые, как и поперечная структура поля зависят в таких системах от типа возбуждаемой волны; при этом можно добиться практически полного пространственного замедления энергий электрического и магнитного полей.

Добротность резонансных элементов на связанных замедляющих системах практически не зависит от замедления и, следовательно, от степени миниатюризации этих элементов.

При фазовых скоростях волны (*v*) в замедляющей системе, больших скорости света в окружающей среде, возникает направленное излучение, реализуемое при поперечных размерах системы, существенно меньших размеров спиральных антенн. Указанные выше особенности замедляющей системы сделали возможным создание на их основе функциональных элементов радиоэлектронных схем, помехозащищающих фильтров, антенн, нагревателей, чувствительных элементов датчиков, обладающих новыми уникальными свойствами.

Эффект излучения нашел применение так же при создании нового поколения СВЧ - излучателей для физиотерапевтического воздействия. Уникальные возможности для осуществления связи в плотных средах, глубокого прогревания грунта и проведения физиотерапевтических процедур возникают при использовании антенн на поверхностных волнах. Принцип их действия состоит в том, что при замедлении *n*, меньшем , в диэлектрике под углом φ к нормали, определяемым соотношением, происходит интенсивное излучение волны.

Концентрация энергии поля в связанных замедляющих системах позволяет осуществлять локальную физиотерапию на частотах 27 и 40 МГц, а также создавать эффективные коагулирующие скальпели, работающие на частотах 2,4 ГГц и 915 МГц.

Современный уровень технологии и производства излучателей аналогичного функционального назначения (для микроволновой терапии) за рубежом и в России находятся примерно на одинаковой высоте.

Для более подробного сравнения исследуемого прибора с аналогами, ниже приводятся описания некоторых из них.

«Электрод для ВЧ и СВЧ терапии полостных органов».

Авторское свидетельство СССР # 12665548 А16 # 1/06 1985г.

Электрод, содержащий коаксиальный резонатор, соединенный с вводом электромагнитной энергии, отличающийся тем, что с целью повышения лечебного эффекта за счет обеспечения аксиально-несимметричного распределения интенсивности нагрева, внутренний проводник выполнен в виде цилиндрической спирали, внешний в виде цилиндра с продольной щелью, угловой размер которой плавно увеличивается от нуля на конце электрода со стороны ввода электромагнитной энергии до 180-360̊ на противоположном конце электрода.

Недостаток - слабая излучательная способность вследствие концентрации электромагнитного поля между внутренним и внешним проводниками.

На рис.2 представлена конструкция предлагаемого электрода; на рис.3 - сечение I на рис.2; на рис.4 - сечение по А-А на рис.2

1 - внутренний проводник,

2 - диэлектрическая втулка,

1. - внешний проводник,
2. - ввод электромагнитной энергии,
3. - металлическая скоба,
4. - диэлектрическая втулка.

Радиусы «а» внутреннего проводника 1 и «в» внешнего проводника 3 выбираются исходя из получения в месте подсоединения к коаксиальному вводу 4 волнового сопротивления z0, равного волновому сопротивлению коаксиального ввода 4 (50 или 75 Ом). При таких относительно низких волновых сопротивлениях, волновое сопротивление спиральной замедляющей системы, определяется выражением:

Где ε - относительная диэлектрическая проницаемость втулки 6.

|  |
| --- |
| Рисунок 2 |
| Рисунок 3 |
| Рисунок 4 |

***«Однонаправленный излучатель с пассивным апериодическим отражателем».***

М.Кл. А61 #5/02 11.4.1973.

Однонаправленный излучатель с пассивным апериодическим отражателем, выполненный в виде отрезка изогнутой поверхности, отличающейся тем, что с целью использования излучателя, в качестве малогабаритного аппликатора облегающего типа при ДЦП - терапии, изгиб отражателя выполнен поперек направления оси вибратора в целом.

Вибратор выполнен из проводника, изогнутого в двух плоскостях.

На рис.5 изображен описываемый излучатель, общий вид; на рис.6 - то же, вид сверху.

Однонаправленный излучатель содержит вибратор 1 с построечными пластинами 2 и апериодический отражатель 3.

При проведении процедуры излучатель вплотную накладывают на облучаемый сустав или другую часть конечности, и, таким образом, создают вокруг облучаемой части конечности электромагнитное поле.

|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 5 | Рисунок 6 |

***«Излучатель аппарата для микроволновой терапии»***

Излучатель, содержащий металлическую трубку с коаксиально расположенным проводником, согласующий трансформатор и высокочастотный разъем, отличающийся тем, что с целью уменьшения рассеяния энергии в окружающее пространство, ограничение области облучения тела и повышения точности дозиметрии на конце коаксиального волновода укреплен металлический стакан с крышкой из высокочастотного диэлектрика, непосредственно соприкасающийся с поверхностью тела, а возбуждающийся штырь расположен в полости стакана.

На рисунке 7 показана схема устройства.

Волноводный излучатель представляет собой отрезок цилиндрического волновода 1, диаметр 11,5 см. Перпендикулярно оси волновода 1 на расстоянии четверти волны от его закороченного конца присоединена жесткая коаксиальная линия, состоящая из трубки 2 и центрального проводника 3. Для согласования входного сопротивления кабеля применен четвертьволновой трансформатор 4. Излучающая поверхность волновода закрыта крышкой 5. Для подключения излучателя с аппаратом имеется ВЧ разъем 6.

|  |
| --- |
| Рисунок 7 |

***«Излучатель для аппаратов микроволновой терапии»***

М.Кл. А61 *#* 5/02 25/12/1980

Изобретение относится к медицинской технике, а именно к излучателям для аппаратов микроволновой терапии и предназначено для физиотерапии внутриполостных восстановительных процессов, в частности, в отоларингологии при заболеваниях наружного и среднего уха. Его цель - улучшение терапевтического эффекта путем повышения дозирования.

Излучатель для аппаратов микроволновой терапии, содержащий заключенный в кожух четвертьволновый несимметричный диполь и питающий кабель, отличается тем, что с целью улучшения терапевтического эффекта путем повышения точности дозирования, он снабжен кольцевой поглощающей вставкой, установленной за диполем на питающем кабеле, а последний выполнен из высокочастотного диэлектрика.

На рис. 8 изображен чертеж излучателя в разрезе.

|  |
| --- |
| Рисунок 8 |

***«Аппарат для терапии полем дециметровой волн».***

М.Кл. А61 # 5/00 13.11.1973.

Аппарат для терапии полем дециметровых волн, содержащий автогенератор, блок питания, блок автоматики, дипольный излучатель с экраном, отличающийся тем, что с целью обеспечения постоянства дозы высокочастотной энергии при любой ориентации облучаемых частей тела, он снабжен измерителем мощности, а дипольный излучатель выполнен в виде ассиметричного сочетания не менее четырех плеч шириной 0,04-0,05, расположенных на расстоянии 0,24-0,25 на экраном, имеющим коническую форму. Измеритель мощности выполнен в виде ассиметричного сочетания четырех плеч шириной 0,04 - 0,05, расположенных на расстоянии 0,24 - 0,25 над экраном, имеющим коническую форму. Измеритель мощности выполнен в виде ассиметричного сочетания не менее четырех плеч шириной 0,04 — 0,05, расположенных на расстоянии 0,24 - 0,25 над экраном, имеющим коническую форму. Измеритель мощности выполнен в виде одного плеча направленного ответвителя, ориентированного на измерение падающей мощности.

На рисунке 9 изображена блок-схема описываемого аппарата; на рисунке 10 принципиальная схема измерителя мощности.

Аппарат содержит: Рис.9: 1 - автогенератор, колебательная система которого выполнена в виде двух коаксиальных контуров, расположенных по одну сторону от лампы 2 - измеритель, проходящий к пациенту 7 - коаксиальный кабель 14 - измеритель, имеющий два диполя, расположенных под углом 90 градусов друг к другу, 22 - блок питания аппарата, включающий в себя автотрансформатор и выпрямитель 23 - блок автоматики аппарата, содержащий биметаллическое реле выдержки времени, промежуточное и исполнительное реле, сигнальные лампы, процедурные часы с зуммером рис.10:

1. - петлевой коаксиальный направленный ответвитель, ориентированный на измерение падающей мощности.
2. - термопреобразователь энергии высокой частоты в энергию постоянного тока

6 - отрезок стандартной коаксиальной линии

8 - центральный проводник вторичного канала, представляющий собой петлю связи, нагруженную с одной стороны 4, с другой на резистор 9.

10 - резистор для согласования низкоомного сопротивления подогревателя с волновым сопротивлением вторичного канала

11, 12 - резисторы для калибровки шкалы 5 - измерительного прибора 13 - цилиндрический экран, укрепленный на 6

|  |
| --- |
| Рисунок 9 |
| Рисунок 10 |

Теперь сравним исследуемое нами устройство с другими аналогами.

Необходимо отметить что, замедление электромагнитной волны вызывает концентрацию электромагнитного поля около поверхности замедляющей системы. Благодаря этому волна может распространяться около одного электрода без излучения в пространство.

Замедляющие системы все более широко проникают в область технологического нагрева благодаря удачному сочетанию положительных качеств антенных излучателей и параметров замедляющих систем.

В существующих излучателях имеется возможность локального нагрева больших объектов. В конструкции излучателей отсутствуют согласующие устройства в виде отрезков круглых волноводов с впадиной под прямым углом к коаксиальной линии длиной до 150 мм. От того, насколько точно выдержаны размеры волновода и коаксиала, зависит качество излучателя, характеризующее его согласование с трактом, то есть коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН), который определяет точность дозирования излучаемой мощности и является одной из характеристик излучателя.

В существующих излучателях круглый волновод для уменьшения размеров заполнен керамикой с высокой диэлектрической проницаемостью и малыми потерями. Величина диэлектрической проницаемости определяет расстояние от места пайки волноводов до закороченной стенки круглого волновода, которое должно составлять 1/4 рабочей длины волны. Несоблюдение рецептуры керамической массы вызывает изменение диэлектрической проницаемости, а это, в свою очередь, при неизменности расстояния до закороченной стенки, вызывает рост КСВН (КСВН определяет точность дозирования излучаемой мощности).

Производство керамических вставок является длительным и трудоемким процессом. Только для приготовления керамической массы и изготовления из нее заготовок требуется 8 операций и 15 единиц технологического оборудования, при этом каждая операция нуждается в контроле. Отжиг готовых заготовок требует 16,5 часа, несоблюдение графика отжига приводит к появлению в керамике трещин или пустот, длинные керамические стержни могут иметь прогиб. Все это ведет к увеличению КСВН и снижению качества излучателей.

На обожженную керамическую вставку необходимо нанести серебряную пасту. Максимальный нагрев приходится на границу серебра и керамики, что не всегда соответствует расположению пораженного участка. Изменить распределение поля по длине участка невозможно. Диаметр полостных излучателей не может быть сделан менее 15 мм. Излучатель невозможно изгибать под нужным углом, что бывает крайне необходимо при использовании его в ряде случаев практической физиотерапии.

Известные полостные излучатели имеют аксиально-симметричное распределение поля, поэтому, например, при воздействии на предстательную железу, облучению подвергаются как пораженные ткани, так и здоровые. В известных конструкциях принципиально невозможно получить аксиально-несимметричное распределение поля.

У известного излучателя для микроволновой терапии, содержащего металлическую трубку с коаксиально расположенным проводником, согласующий трансформатор и высокочастотный разъем, расположенные в металлическом стакане с крышкой из высокочастотного диэлектрика существует недостаток, который заключается в больших размерах излучателя, приводящих к увеличению облучаемой области, а также недостаточной эффективности воздействия из-за отражения энергии от тела, вызванного большой диэлектрической проницаемостью последнего.

Наиболее близким к предполагаемому является излучатель, содержащий диэлектрический корпус, на котором установлен коаксиальный ввод энергии, соединенный с коаксиальным резонатором, внешний проводник которого выполнен в виде цилиндрической спирали и диэлектрический колпачок, фиксирующий зазор между спиралью и поверхностью тела. Недостатком этого устройства является необходимость обеспечивать зазор между излучающим проводником замедляющей системы и поверхностью тела, что сопровождается уменьшением эффективного излучения.

Таким образом, не существует излучателей, могущих осуществлять такой способ излучения (приема) электромагнитной энергии высоких и сверхвысоких частот, который позволяет увеличить эффективность излучения при физиотерапевтическом воздействии, диагностике и других процессах, связанных с излучением электромагнитной энергии в биологические тела и другие диэлектрические объекты, а так же приемом излучения из указанных объектов, что влечет за собой расширение сферы использования излучателей и их функциональных возможностей.

Предложенный излучатель позволяет реализовать такой способ излучения (приема) электромагнитной энергии высоких и сверхвысоких частот.

Поставленная задача решается тем, что при реализации способа излучения (приема) электромагнитной энергии в биологические тела (из тел) и другие диэлектрические объекты снаружи (внутрь) облучаемого объекта вдоль поверхности касания располагают излучатель, в котором формируют замедленную электромагнитную волну гибридного типа с фазовой скоростью, превышающей скорость распространения плоской волны в объекте, и обеспечивают доступ к облучаемому участку объекта только поля волны магнитного типа, экранируя облучаемый участок тела от поля волны электрического типа.

***3. Теоретическая часть***

Разработка высокочастотных электродов для физиотерапии, в отличие от разработки СВЧ - электродов, затрудняется увеличением их резонансных размеров, что делает невозможным локализовать энергию поля в небольших объемах тела. Уменьшить размеры СВЧ - электродов удается с помощью выполнения их в виде замедляющих систем.

Резонансные размеры таких электродов уменьшаются во столько раз, во сколько уменьшается фазовая скорость волны в замедляющей системе. Особенно сильно удается уменьшить размеры (в десятки сотни раз) в случае связанных электрических систем. Кроме уменьшения резонансных размеров электроды на связанных замедляющих систем обладает другой замечательной способностью. Практически вся энергия электрического поля возбуждаемой волны в замедляющей системе сосредоточена внутри электрода между проводниками замедляющей системы, а энергия магнитного поля находится снаружи проводников, что позволяет осуществлять терапевтическое воздействие только магнитным полем.

Ниже приводится результаты теоретического исследования связанных спиральных цилиндрических систем.

В данной работе в качестве излучающего элемента микроволнового излучателя рассматривается замедляющая система. Что это такое?

Электродинамическая система, в которой возможно распространение медленной волны в заданном направлении, называется замедляющей системой. Под медленной электромагнитной волной обычно понимают монохроматические колебания, у которых фазовая скорость меньше скорости света в вакууме.

Имеются разнообразные способы получения медленных волн.

Первый способ заключается в получении медленной волны подбором параметров среды. Например, заполняя однородный волновод диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью ε и магнитной проницаемостью μ=1, можно получить коэффициент замедления волны:

Однако трудно изготовить диэлектрик с большой диэлектрической проницаемостью и малыми высокочастотными потерями.

Второй способ реализуется подбором соответствующих конфигураций поверхностей металлической системы, обеспечивающих возможность значительного уменьшения фазовой скорости волны вдоль заданного направления.

Хотя замедления можно получить при активном сопротивлении поверхности, это, вследствие больших потерь, практически не имеет смысла. Поэтому получить чисто реактивное сопротивление необходимо, что можно осуществить с помощью периодических структур, на основе которых построено большинство применяемых в СВЧ - устройствах замедляющих систем.

Большой практический интерес представляют так называемые связанные цилиндрические спирали.

Рассмотрим общую теорию связанных линий.

Телеграфные уравнения двух связанных длинных линий можно записать в следующем виде:

(1)

где I1,U1,I2,U2 - токи и напряжения в I-ой и II-ой линиях

*L1*,c1,L2,c2 - индуктивности и емкости I-ой и Il-ой линии, приходящиеся на единицу длины

L12,c12 - взаимные коэффициенты индуктивности и емкости линий, приходящиеся на единицу длины.

Если амплитуды напряжений и токов представить в виде:

*U1=Ae-jβz  I1=Be-jβz* (2)

*U2=De-jβz* *I2=Ee-jβz*

где *β* - волновое число; A,B,D,E - постоянные величины, то система (1) после подставления в неё уравнений (2) будет выглядить:

(3)

Система уравнений (3) имеет тождественно не нулевые решения относительно постоянных A,B,D,E если определитель ее равен нулю. Это приводит к дисперсионному уравнению:

(4)

Решение этого уравнения относительно β имеет четыре действительных корня:

(5)

где: (6)

 (7)

Из (5) следует что β(1), β(3) и β(2), β(4) соответствуют волнам идущим в разных направлениях, причём:

Для определения напряжений и токов необходимо рассчитать постоянные A,B,D,E. Система (3) позволяет выразить все постоянные через одну (например А). Так как в каждой линии могут существовать одновременно четыре волны (две с одной фазовой постоянно, идущие в разные стороны, и две с другой), то в общем виде выражения для токов и напряжений состоят из четырех слагаемых, соответствующих этим четырем волнам. Амплитуды этих волн определяются из граничных условий на концах линий.

Выражения (3) дают возможность провести достаточно полный анализ свойств, связанных передающих линий. В частности, можно рассчитать коэффициент передачи мощности, коэффициент направленности и ряд других параметров.

При анализе свойств связанных линий для простоты предположим, что одновременно распространяются две волны с волновыми числами β(1) и β(3) (отражённых волн нет).

Рассмотрим дисперсионное уравнение связанных линий. Для упрощения введём следующие обозначения:

 (8)

где *b*0 и х0 - безразмерные коэффициенты емкостной и индуктивной связи;

 (9)

где *β*1 и β2 - волновые числа каждой из связанных линий.

С учетом выражений (8) и (9) решение уравнения (4) будет выглядеть:

 (10)

Рассмотрим случай так называемых синхронных спиралей, у которых β1=β2=βср.

При этом условии уравнений (10) принимает вид:

 (11)

В большинстве случаев можно положить |*b*0| ≈ |х0| тогда из выражения (11) получим:

 (12)

 (13)

Волновое число βt соответствует «медленной волне», так как *|*βt|> *|*βср*|,* а βt - «быстрой волне», так как |βl| < |βcp|.

Разность волновых чисел медленной и быстрой волны называют волновым числом биений. В общем случае, когда спирали не синхронны, то:

 (14)

Разность волновых чисел не синхронных спиралей называют разностным волновым числом *β*p = βx -β2. Тогда формулу (14) можно записать:

 (15)

где - волновое число связи.

Для синхронных линий *β*p=0 и *β*б=βc

Рассмотрим энергетические соотношения для связанных линий. Для синхронных линий, когда *β1* = *β2* = *ßcp* из выражений (2) и (3) получим:

 (16)

При z1B=z2B и |*х*0| ≈ *|b0|* для медленной волны выражение (16) принимает вид:

 (17)

Для быстрой волны : (18)

Равенство (17) означает, что для медленной волны потенциалы в линиях равны по величине и противоположны по знаку, т.е. электрическое поле между линиями поперечно, поэтому медленную волну называют поперечной. Для быстрой волны (18) потенциалы в линиях одинаковы, электрическое поле продольно, быструю волну называют продольной.

Рассмотрим вопрос о длине так называемого связанного участка, на котором мощность, поданная первоначально в одну линию, передается затем в другую.

Предположим, что в связанных линиях одновременно существуют две нормальные волны. Между этими волнами возникает интерференция или пространственные биения.

Выражения для волн в I - ой и II- ой линиях:

 (19)

Предположим, что U2= 0 при z = 0 , и, следовательно Ut2 = -Ul2

Учитывая равенство (17) и (18), получим:

Ut2 = -Ut1 Ul2 = Ul1, то есть Ut1 = Ul1

Из выражений (19) и последующих соотношений получаем:

 (20)

 (21)

Из выражений (20) и (21) следует, что если сначала волна имела максимальную амплитуду в I-ой линии, а во Il-ой амплитуда равнялась нулю, то на расстоянии:

 (22)

волна из I-ой линии перейдёт во II-ую.

Из соотношений (12) и (13) в случае синхронных спиралей длина связи равна:

 (23)

Теперь перейдем непосредственно к связанным спиралям. На рис.11 показаны связанные спирали, а на рис.12 изображена их эквивалентная схема, где:

*a*1, *a*2 - радиусы внутренней и внешней спиралей

d1, d2 - шаг внутренней и внешней спиралей

ψ1, ψ2 - угол намотки внутренней и внешней спиралей

|  |
| --- |
| Рисунок 11 |
| Рисунок 12 |

Чтобы теорию длинных линий применить к связанным спиралям, необходимо знать L и с. Можно показать, что эти параметры для основной азимутально симметричной волны определяют следующим образом:

 (24)

 (25)

 (26)

 (27)

 (28)

 (29)

где γ - радиальное волновое число

k0 и *k1*, *I*0 и *I*1, - модифицированные функции Бесселя второго и первого родов нулевого и первого порядков.

С помощью выражений для L и с можно рассчитать основные характеристики связанных спиралей. Если L и с (24) - (29) подставить в (4), то получим дисперсионное уравнение связанных спиралей:

 (30)

Это уравнение совпадает с уравнением, выведенным электродинамическим способом в работе: Posche K. Wellenforpflanzung langs einez Wendel mit Zylinderschem aubeuleiter. AEU, 1953, B7, H. 11, S. 518 - 522 Используя выражения (24) - (29), рассчитаем коэффициенты емкостной и индуктивной связи (8):

 (31)

 (32)

Если ctg*ψ*1 и ctg*ψ*2 больше 10, что в большинстве случаев, то

 (32a)

Эта формула справедлива, если . При малых γa погрешность тем больше, чем больше отношение (а2/ *a*1).

При γa1 и γa2 >>1 из выражений (31) и (32а) следует:

 (33)

 (34)

Выражение (34) справедливо при условии, что ctg2ψ1, ctg2ψ2 > 1

Знак в выражениях (31) и (32) определяется на основе физических соображений. Так как единичный заряд, помещенный на внутренней спирали, наводит на внешней спирали заряд всегда другого знака, то перед *b*0ставится «-». Знак *х*0 определяется намоткой спиралей. Если спирали намотаны в одну сторону, то х0 > 0, если нет - то *х*0< 0. Из выражения (22) следует, что длина связи мала, если βб велико. Значение βб (14) получается наибольшим, а длина связи наименьшей, если *х*0 и b0 одного знака. Для этого необходимо спирали наматывать в разные стороны.

Выражения (24) - (29) для распределенных параметров позволяют также рассчитывать волновое число каждой спирали:

 (35)

 (36)

и волновые сопротивления:

 (37)

 (38)

С помощью выражений (35) и (36) можно установить условия, при которых связанные спирали синхронны:

 (39)

В техническом задании определена рабочая частота излучателя - 40 МГц. Исследуя в дальнейшем теоретические и экспериментальные дисперсионные характеристики связанных спиралей, необходимо добиться определенного замедления на указанной частоте.

Замедление при воздействии на человеческий организм должно составлять ; где φ - угол излучения замедляющей волны к поверхности объекта, где ε - диэлектрическая проницаемость среды (человека). Человеческий организм на 80 % состоит из воды, следовательно можно принять, что в данном случае ε - диэлектрическая проницаемость воды (80).

Эффект излучения наиболее эффективен при φ = 45.

Таким образом, замедление при воздействии на человеческий организм должно составлять:

В техническом задании определен диаметр внешней спирали - 23мм, то есть а=11,5 мм. Радиус внутренней спирали, а также угол, направления и шаг намотки обеих спиралей будем варьировать в соответствии с требуемой частотой и замедлением, соблюдая при этом условие синхронизма спиралей.

Рассмотрим 3 случая:

1. то есть а1 = 9 мм
2. то есть а1 = 7,75 мм
3. то есть а1= 6,5 мм

При неизменном соотношении между ctgψ2 и ctgψ1 условие синхронизма выполняется лишь при одном значении γa1. С изменением γa1 соотношение должно изменяться, для того, чтобы спирали оставшисьсинхронными. Зависимости коэффициентов связи от γa1, рассчитаны по формулам (31) и (32а). Из данных можно заключить что с ростом γa1, коэффициенты b0, x0 быстро уменьшаются. С увеличением cотношения а2/а1 коэффициенты связи также уменьшаются, причем уменьшение это больше при больших и меньше при малых γa1. При больших γa1 можно считать

|*b*0| ≈ |*х*0|.

Так как *b*0 и *х*0 малы, то приближенно β1 и β2 (35) и (36), z01 и z02(37) и (38) можно рассчитать, пользуясь формулами для одиночной спирали.

Имеет смысл применить к рассматриваемой системе метод эквивалентной линии.

Максимальное поле волны Е типа имеет только составляющую Ну. Определяемая этим полем погонная индуктивность L0 такова, что произведение L0c0 ( с0 - погонная емкость) тождественно равно ε0μ0, то есть:

 (40)

Поэтому можно ограничиться нахождением только индуктивности, создаваемой волной магнитного типа, то есть поперечной составляющей тока проводимости. Большое дисперсионное уравнение (30) можно заменить уравнением:

 (41)

где ;

Таким образом дисперсионное уравнение будет иметь следующий вид:

 (42)

где пот - относительное замедление

Рассмотрим четыре возможные варианта работы

1. Синфазное возбуждение и противоположное направление намотки спиралей. Выбирая знаки «+» и в числителе и в знаменателе(42), получим пот =1, то есть дисперсия отсутствует, а замедление приблизительно равно геометрическому. Рис. 13
2. Синфазное возбуждение и одинаковое направление намотки спиралей (Рис. 14). Выбирая знак «-» в числителе и «+» в знаменателе(42) получим

 (43)

Замедление оказывается меньше геометрического. С ростом частоты и увеличением разницы между радиусами спиралей параметр *(а2 - а1*)*τ0* растет и замедление стремится к геометрическому. При очень малой разнице между радиусами спиралей, или очень низких частотах, когда (*а2 -a1)τ0*1**,**

 (44)

1. Противофазное возбуждение и одинаковое направление намотки спиралей (Рис. 15). Выбирая знак «-» и в числителе и в знаменателе (42) получим *nот*=1, то есть дисперсия отсутствует. А замедление равно геометрическому.
2. Противофазное возбуждение и противоположное направление намотки

спиралей (Рис. 16). Выбирая знак «-» в знаменателе и знак «+» в числителе (42), получим:

 (45)

Из (45) видно, что с ростом частоты или разницы между радиусами спиралей замедление стремится к геометрическому, но в отличие от второго варианта при малой разнице между радиусами спиралей или очень низких частотах замедление может превышать геометрическое:

 (46)

Существенный практический интерес представляет такой случай, когда поле магнитного типа может быть представлено только суммой плюс первой и минус первой гармоник.

Можно получить следующее дисперсионное уравнение:

 (47)

где d - шаг спиралей *(d1=d2,* так как спирали синхронны).

Анализируя дисперсионное уравнение (47) можно прийти к следующим выражениям для каждого из четырех вариантов работы:

1. «+» в числителе и в знаменателе выражения (47):

 (48)

Вследствие того, что уменьшение разницы между радиусами спиралей сопровождается более быстрым увеличением знаменателя и, следовательно, уменьшением замедления. При достаточно низких частотах или малых значениях (*а*2 -*а*1), когда , получим:

 (49)

при (50)

2. «-» в числителе и «+» в знаменателе выражения (47):

 (51)

при (52)

при (53)

3. «-» в числителе и знаменателе выражения (47):

 (54)

при (55)

Таким образом, в этом случае при маленькой разнице между радиусами спиралей или очень низких частотах дисперсия отсутствует, но замедление оказывается меньше геометрического. При дальнейшем сближении радиусов спиралей, когда , замедление становится равным геометрическому.

4. «+» в числителе и «-» в знаменателе выражения (47):

 (56)

при (57)

При дальнейшем уменьшении разницы между радиусами спиралей, когда выполняется условие , получим:

 (58)

Таким образом, в этом случае замедление может быть существенно больше геометрического.

Теперь перейдем непосредственно к построению дисперсионных характеристик.

На основании вышеизложенных теоретических соображений и с использованием выражений (43), (45), (48), (51), (54), (56) будут построены зависимости коэффициента замедления n от частоты *f* при разных значениях шага спиралей для четырех возможных варианта работы, каждый из которых будет включать в себя три случая:

Необходимо заметить, что коэффициент замедления η определяется следующим образом, где - геометрическое замедление. Шаг спиралей был выбран в пределах 12-20 мм. Таким образом каждый содержит три характеристики для:

d1=12 мм;

d2=16 мм;

d3=20 мм;

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\Foxes\Desktop\media\image1.pngРисунок 13 | C:\Users\Foxes\Desktop\media\image2.pngРисунок 14 |
| C:\Users\Foxes\Desktop\Диплом\media\image7.pngРисунок 15 | C:\Users\Foxes\Desktop\Диплом\media\image8.pngРисунок 16 |

Приведенный приближенный теоретический анализ четырех возможных вариантов подключения спиралей при различных значениях шага намотки спиралей и разных соотношениях радиусов спиралей позволил определить, что противофазное возбуждение при противоположном направлении намотки спиралей позволяет получить замедление, существенно превышающее геометрическое (вариант 4).

Также удалось определить, что вариант 4 является наиболее соответствующим техническому заданию по значениям результатов, полученных при построении дисперсионных характеристик.

Вариант 3 (противофазное возбуждение и одинаковое направление намотки спиралей) по форме характеристик близок к варианту 4, но имеет гораздо меньшие значения замедления.

Таким образом теоретический анализ показал, что разработка излучателя для УВЧ - физиотерапии на связанных цилиндрических спиралях с рабочей частотой 40 МГц (наружный диаметр излучателя 23 мм) наиболее эффективно должна производиться при противофазном подключении спиралей и противоположном направлении намотки спиралей.

Из трех рассматриваемых случаев варианта 4 при различных значениях шага спиралей наиболее соответствующими техническому заданию являются следующие решения:

а2= 11,5 мм. - радиус внешней спирали

1. а1 =9мм. - радиус внутренней спирали d1 = 12 мм. - шаг намотки спиралей (вариант 4-а)
2. а1 = 7,75 мм., d2 = 16 мм (вариант 4-б)
3. а1 = 6,5 мм., d3 = 20 мм (вариант 4-в)

Остается проверить правильность теоретических выводов экспериментальными исследованиями.

***4. Экспериментальная часть***

*4.1. Методы экспериментального исследования замедляющих систем*

Теоретическая оценка электродинамических свойств волноводных систем сплошной конфигурации обычно является очень приближенной. Поэтому основным критерием пригодности новых замедляющих систем для исследования в приборах являются результаты экспериментального исследования.

Целью экспериментальных исследований является качественная и количественная оценка основных характеристик замедляющих систем, в первую очередь дисперсионных характеристик.

Дисперсионные характеристики замедляющих систем можно определить экспериментально в результате холодных измерений, производимых при отсутствии электронного пучка или иного тела, с которым взаимодействует электромагнитное поле. Существенным преимуществом «холодных» измерений является их относительная простота. При «холодных» измерениях параметров замедляющей системы не нужно собирать прибор в целом. Большинство «холодных» измерений можно проводить на макете отрезка замедляющей системы, длина его может быть значительно меньше длины реальной системы. Кроме того, макет отрезка замедляющей системы можно моделировать простым пересчетом геометрических размеров для исследования в наиболее удобном частотном диапазоне. В результате, исследования упрощаются и удешевляются. Поэтому «холодные» измерения являются основным методом исследования свойств замедляющих систем.

Однако, при «холодных» измерениях не всегда удается получить полную информацию о свойствах реального прибора. Характеристики замедляющей системы номинальной длины могут отличаться от характеристик макета, на котором проводились «холодные» измерения. Это обусловлено изменением условий возбуждения колебаний различных типов, качеством замедляющей системы, согласованной с внешними цепями.

Кроме того, определенные требования к конфигурации замедляющей системы связаны с условиями взаимодействия с объектом, теплоотвода и т.п.

Поэтому, конечно окончательное суждение о пригодности замедляющей системы можно вынести лишь после проведения «горячих» испытаний, то есть испытаний полностью собранного прибора.

*4.2. методы измерения дисперсионных характеристик*

Наибольшей простотой отличаются резонансные методы определения дисперсионных характеристик, при использовании которых не требуется согласование, а измерения можно проводить на достаточно коротком отрезке замедляющей системы.

При резонансных измерениях отрезок замедляющей системы закорачивается с двух сторон и превращается в объемный резонатор с достаточно высокой добротностью. Исследуя распределение полей вдоль оси такого резонатора на его резонансных частотах, можно определить фазовый сдвиг на период системы и построить дисперсионную характеристику. Допустимость резонансных методов основана на представлении стоячей волны в закороченной на краях линии передачи суммой двух одинаковых бегущих волн, распространяющихся в противоположных направлениях. Края замедляющей системы ограничены металлическими плоскостями.

Для определения большого числа видов колебаний и правильного построения дисперсионной характеристики необходимо, чтобы возбуждение замедляющей системы осуществлялось на краю, где высокочастотное поле существует для всех видов колебаний. Для быстрого и достаточного нахождения всех резонансов, при измерениях на зондовой измерительной установке, необходимо предварительно произвести измерения спектра резонансной частоты в широкой полосе с помощью панорамного измерителя. Измерения производятся методом двухполюсника, при котором часть мощности поглощается в замедляющей системе, а часть - отражается. Отраженный сигнал детектируется, соответствующим образом обрабатывается и подается на экран электронно-лучевой трубки, где горизонтальная развертка является осью частот. На резонансных частотах появляются провалы (минимумы коэффициента стоячей волны (КСВ)), которые хорошо видны на рис.17. При увеличении связи генератора панорамного измерителя с замедляющей системой, глубина провалов на резонансах увеличивается.



Рисунок 17

Для уменьшения вносимых искажений в замедляющую систему величину связи необходимо делать минимальной. На каждом резонансе измеряется резонансная длина волны. В зависимости от ширины полосы пропускания замедляющей системы применяется один или два панорамных измерителя, имеющие разные диапазоны частот.

После измерения спектра резонансов на панорамном измерителе производится определение видов колебаний на измеренных резонансах с помощью измерительного стенда. Известно, что на резонансных частотах вдоль оси системы укладывается целое число полупериодов стоячей волны, по которому определяется фазовый сдвиг на период системы для данного вида колебаний:

Где g0- номер вида колебаний (число лепестков зондограммы его поля)

 - число ячеек в периоде замедляющей системы

 - число периодов структуры в резонансном пакете;

*l* - геометрическая длина системы;

d - шаг по пространству взаимодействия;

Для высших гармоник φ определяется соответственно:

Где - число лепестков поля m-ой гармоники.

Знак m определяется дисперсией. Коэффициенты фазового замедления гармоники:

Где λ - длина волны в свободном пространстве

Наиболее легко можно измерить дисперсионные характеристики у простых замедляющих систем с помощью перемещающегося зонда с квадратичным детектором, исследуя нормальные к плоскости составляющие электрического поля. При этом устанавливается номер вида колебаний и длина замедленной волны (по номеру колебаний или непосредственным измерением).

Следует отметить, что для построения дисперсионной характеристики в простых замедляющих системах нет необходимости определять все виды колебаний. Достаточно расшифровать и измерить два соседних вида колебаний, номера остальных видов проставляются на спектре резонансов, измеренных в режиме «панорама» в порядке следования резонансов. Такая операция допустима, если в измеряемой полосе пропускания нет высших полос или, когда нет загиба основной дисперсионной характеристики. Однако, во-первых, в сложных замедляющих системах сделать это известным методом не представляется возможным. По осциллограмме практически невозможно установить номер вида колебаний. Во-вторых, замедляющие системы с большими потерями или невзаимными элементами (для развязки между входом и выходом) и резонансные замедляющие системы, не имеющие поперечных зеркальных плоскостей симметрии, традиционным методом также не могут быть измерены.

Наконец, во многих случаях требуется контроль дисперсии не на месте, а на согласованной (или несогласованной) замедляющей системе прибора, в том числе и с участком поглощения, где известные способы также не применимы.

Чтобы иметь возможность надежно исследовать и контролировать дисперсию во всех этих случаях, был предложен и реализован для этих целей метод смещения сигнала, снятого зондом с опорным когерентным сигналом и последующего их детектирования, то есть метод опорного сигнала.

*4.3. технические данные прибора Х1-42*

Прибор X1-42 предназначен для исследования амплитудно-частотных характеристик широкополосных устройств с динамическим диапазоном до 14дБ с воспроизведением амплитудно-частотной характеристики на экране электронно-лучевой трубки.

Диапазон частот прибора от 0.5 до 1250 МГц перекрывается двумя поддиапазонами:

I: 0.5 - 610 МГц

II: 610 - 1250 МГц

В приборе предусмотрены собственные кварцованные частотные метки 1; 10; 100 МГц.

Принцип работы прибора X1-42 основан на том, что на вход исследуемого четырехполюсника подается напряжение со стабильной амплитудой и изменяющейся частотой от генератора качающейся частоты, а огибающая высокочастотного напряжения, полученная с помощью широкополосной детекторной головки, на выходе исследуемого четырехполюсника, воспроизводится на экране ЭЛТ индикатора в виде амплитудно-частотной характеристики исследуемого объекта. Развертка по горизонтали в индикаторе осуществляется синхронно с качанием частоты генератора. Анализ частотных параметров четырехполюсника осуществляется с помощью частотных меток.

Ниже на рис. 18 приведена структурная схема соединения блоков прибора X1-42 для исследования амплитудно-частотных характеристик четырехполюсника.

1. Генератор качающейся частоты
2. Индикатор
3. Детекторная головка
4. Исследуемый прибор

|  |
| --- |
| C:\Users\Foxes\Desktop\Диплом\media\image12.pngРисунок 18 |

Соединения блоков прибора X1-42 проводятся высокочастотным экранированным кабелем.

*4.4. С*нятиеэкспериментальных данных

В экспериментальной части данной работы ставились задачи:

- снятие данных для построения дисперсионных характеристик макета;

- исследование зависимости замедления от изменения геометрических параметров спиральной замедляющей системы.

Все измерения проводились на приборе для исследования амплитудно-частотных характеристик X1-42, основные технические данные которого описаны выше.

Снятие данных для построения дисперсионных характеристик проводились резонансным методом. При этом отрезок замедляющей системы подключался одним концом к прибору X1-42 по схеме двухполюсника. Другой же конец замедляющей системы либо закорачивался, либо там осуществлялся так называемый «холостой ход».

Если свободный конец замедляющей системы закорачивался, то в резонансном отрезке замедляющей системы возникал полуволновой резонанс (на определенных частотах), а если там осуществлялся «холостой ход», то -четвертьволновый резонанс.

На экране электронно-лучевой трубки при этом в любом случае возникала резонансная картина со множеством экстремумов. Известно, что на частоте резонанса радиотехнический объект имеет чисто активное сопротивление, и электромагнитная волна не отражается, а только поглощается в нем. Следовательно, частоты минимумов сигнала на экране электронно-лучевой трубки являются частотами резонансов, которых возникает множество из-за того, что на длине отрезка замедляющей системы укладывается кратное количество половинок или четвертей длин замедленных волн.

Номер резонанса легко установить методом возмущения поля вблизи поверхности замедляющей системы, то есть о том, сколько частей замедленной волны уложилось на нем.

Известно, что замедление электромагнитной волны определяется следующим образом:

где С - скорость света в вакууме;

νф - фазовая скорость электромагнитной волны в системе;

λзам - длина замедленной в системе волны;

λсв - длина волны в свободном пространстве.

Длина замедленной в системе волны λ*зам*,определяется через длину отрезка замедляющей системы и номер резонанса:

|  |  |
| --- | --- |
| Для полуволнового резонанса | Для четвертьволнового резонанса |
|  |  |
| тогда |
|  |  |

где *N* - номер резонанса;

l - длина отрезка замедляющей системы в метрах;

f- частота резонанса в МГц; l = 0,183 м.

Таким образом будут получены дисперсионные характеристики для четырех возможных вариантов подключения спиралей, каждый из которых содержит по три случая ( *а*2/*а*1= 1,25; 1,5; 1,75) при различных значениях шага (d1 =12 мм; d2 = 16 мм; d3= 20 мм) спиралей.

Следует добавить, что при рассмотрении вариантов:

I (синфазное возбуждение и противоположное направление намотки спиралей) и II (синфазное возбуждение и одинаковые направления намотки спиралей) замедление рассчитывается по формуле для полуволнового резонанса;

III (противофазное возбуждение и одинаковое направление намотки спиралей) и IV (противофазное возбуждение и противоположное направление намотки спиралей) замедление рассчитывается по формуле для четвертьволнового резонанса.

***5. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных*** *исследований*

Сравнивая полученные теоретические и экспериментальные результаты, можно сказать, что выводы, сделанные в итоге теоретического анализа, оказались в принципе верными.

На самом деле, вариант подключения спиралей IV (противофазное возбуждение при противоположном направлении намотки спиралей) оказался наиболее соответствующим техническому заданию.

Из девяти решений, рассматриваемых в варианте IV, после теоретического анализа наиболее соответствующими техническому заданию являлись следующие: *а*2=11,5мм.

1. *а*1 =9 мм; d= 12 мм. (вариант IV-a)
2. *а*2 =7,75 мм; d = 16 мм. (вариант IV-б)
3. *а*3=6,5 мм; d = 20 мм. (вариант IV-в)

Проведя экспериментальные исследования, можно утверждать, что именно система связанных спиралей имеющая геометрические параметры 1), 2) или 3), наиболее соответствует по своим характеристикам техническому заданию.

Однако, сравнивая полученные теоретические и экспериментальные результаты, легко увидеть, что в случае 1) и случае 3) на рабочей частоте 40МГц замедление n в теории и на практике имеет достаточно серьезное расхождение по величине.

Зато в случае 2) теоретические и экспериментальные результаты практически совпадают.

Таким образом связанные цилиндрические спирали УВЧ-излучателя для физиотерапии с рабочей частотой 40 МГц (наружный диаметр излучатель 23 мм) имеют следующие геометрические параметры:

*диаметр наружной спирали - 23 мм;*

*диаметр внутренней спирали - 15,5 мм;*

*шаг спирали - 16 мм.*

А также, спирали подключаются противофазно и имеют противоположное направление намотки.

Осталось добавить, что погрешность между теоретическими и экспериментальными результатами в разных случаях составила от 4% до 6%, что находится в пределах нормы.

***6. Конструкция предлагаемого УВЧ - излучателя***

В предыдущих разделах были определены геометрические параметры связанных цилиндрических спиралей.

Конструкция излучателя для УВЧ - физиотерапии на связанных цилиндрических спиралях представлена на рис. 19 и рис. 20:

|  |
| --- |
| Рисунок 19 |

1. Внутренняя спираль
2. Внешняя спираль
3. Съемный колпак из диэлектрика
4. Ввод электромагнитной энергии
5. Внутренний проводник

коаксиального входа

1. Внешний проводник коаксиального входа.

 

Рисунок 20

где:

2a1=15,5 мм - диаметр внутренней спирали;

2a2 =23 мм - диаметр внешней спирали;

d=16 мм - шаг спирали;

ψ1= 71̊ - угол между направлением намотки внутренней спирали и продольной осью;

ψ2 = 77 ̊ - угол между направлением намотки внешней спирали и продольной осью.

Съемный колпак необходимо изготавливать из диэлектрика с малыми электромагнитными потерями, например, из фторопласта.



Рисунок 21

Излучение осуществляется следующим образом. Излучатель 1 (рисунок 21 ) устанавливается вдоль поверхности облучаемого объекта 2, диэлектрическая проницаемость которого превышает диэлектрическую проницаемость вакуума. И формируют в излучателе 1 замедленную электромагнитную волну с фазовой скоростью νф, близкой или превышающей скорость света в объекте, то есть обеспечивают выполнение условия . Здесь ε - относительное значение диэлектрической проницаемости в материале объекта 2, с - скорость света в вакууме.

При выполнении указанного выше условия происходит излучение замедленной волны в объект 2, причем интенсивность *P* и направление излучения зависят от соотношения между фазовой скоростью νф и скоростью плоской электромагнитной волны в объекте 2, а также от величины зазора δ между излучателем 1 и поверхностью объекта 2.

Необходимость обеспечения зазора δ была вызвана сильным влиянием объекта 2 на фазовую скорость νф, величина которой уменьшается при уменьшении δ, вследствие чего нарушается указанное выше условие излучения.

Влияние объекта 2 на фазовую скорость νф замедленной волны в излучателе 1, вызванное диэлектрическими свойствами материала объекта тем больше, чем больше нормальная составляющая напряженности электрического поля на поверхности объекта 2, обращенной к излучателю 1. Эта составляющая вместе с продольной составляющей напряженности электрического поля и перпендикулярной составляющей напряженности магнитного поля образуют волну электрического типа, существующую в любой замедленной волне в большинстве случаев вместе с волной магнитного типа, образуя гибридную волну. В отличие от быстрых волн в замедленной волне волна магнитного типа может существовать только с волной электрического типа. Поэтому необходимое для эффективного излучения обеспечение доступа поля к поверхности объекта 2 сопровождается уменьшением фазовой скорости νф.

Предлагаемая конструкция позволяет обеспечить доступ к поверхности объекта 2 только полю волны магнитного типа. Достигают это благодаря тому, что облучаемую поверхность объекта экранируют от поля волны электрического типа с помощью анизотропно-проводящей поверхности, в качестве которой используют экранный проводник (внешнюю спираль) 2. В этом случае внешняя спираль, на которой наводятся электрические заряды противоположные по знаку зарядам на внутренней спирали, практически полностью экранирует поверхность объекта 2 от поля волны электрического типа. Благодаря этому диэлектрическая проницаемость материала объекта 2 почти не влияет на фазовую скорость νф, что позволяет уменьшать зазор δ между излучателем 1 и поверхностью объекта 2 до сколь угодно малой величины, обеспечивая требуемую интенсивность излучения.

Излучение замедленной волны происходит под углом φ к поверхности объекта 2, определяемом соотношением . При увеличении фазовой скорости νф угол φ возрастает, при уменьшении νф направление излучения поворачивается к продольной оси (по стрелке А), совпадая с ней при , при этом, однако описанный выше эффект излучения прекращается.

***7.Охрана труда***

*7.1 Оценка возможных опасных и вредных производственных факторов*

*Трудовой кодекс Российской Федерации 30 декабря 2001 года № 197-ФЗ.Статья 209.Основные понятия.*

**Охрана труда** - система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

**Условия труда** - совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

**Вредный производственный фактор** - производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

**Опасный производственный фактор** - производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

Опасные и вредные производственные факторы по природе действия делятся на следующие группы *(ГОСТ 12.0.003-74(99))*:

-физические;

-химические;

- психофизиологические;

- биологические;

Можно выделить ряд физических факторов которые могут негативно воздействовать на персонал в рабочем помещении (в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 (99)):

* повышенный уровень электромагнитных излучений;
* повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
* вероятность возникновения пожара;
* повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
* повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
* пониженная или повышенная влажность воздуха;
* недостаточная освещенность рабочей зоны;
* повышенный уровень шума на рабочем месте;
* повышенный уровень вибрации;

Электроопасность.

Электрические установки, приборы и агрегаты широко распространены в различных отраслях техники и в быту и представляют большую потенциальную опасность для человека, так как в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. Специфическая опасность электроустановок: токоведущие проводники, корпуса стоек ЭВМ и прочего оборудования, оказавшегося под напряжением в результате пробоя изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждали бы человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электрическое, электролитическое, биологическое и механическое действие. Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве тканей и биологических сред, что вызывает в них биологические расстройства. Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, крови и проявляется в изменении их физико-химического состава. Механическое действие тока приводит к разрыву мышечных тканей. Биологическое действие тока выражается в способности раздражать и возбуждать живые ткани организма. Любое из перечисленных воздействий тока может привести к электрической травме, вызванной воздействием электрического тока или электрической дуги (ГОСТ 12.1.038-82). Опасность поражения электрическим током зависит от ряда факторов: величина и частота тока, время воздействия , пути прохождения тока через организм, индивидуальных особенностей человека (физическое развитие, масса тела, возраст и пр.). В результате воздействия электрического тока возможны ожоги, нарушение дыхания и кровообращения, механические повреждения (ушибы, переломы) и др.. Нарушение сердечной деятельности может привести к смерти.

Пожароопасность.

В современных ЭВМ высокая плотность размещения элементов электронных схем, близость друг к другу соединительных проводов, коммутационных кабелей представляет серьезную пожароопасность. Источником пожара может быть короткое замыкание, искрение или например чрезмерный нагрев. Опасность при пожаре представляют: токсичные продукты горения, выделяемые горящими материалами и предметами (теплоизоляционные, акустические, декоративные и другие синтетические отделочные материалы), воздействие огня и высокие температуры. Воздействие этих факторов на человека может привести к отравлению, тепловым ударам, ожогам различной степени и смерти.

Шум и вибрация.

Для рабочих мест ВЦ (вычислительных центров) характерно наличие всех видов шумов: механического, аэродинамического, электрического. Технические средства создают механический шум; установки кондиционирования, компрессоры- аэродинамический; преобразователи напряжения- электромагнитный.

Проявление вредного воздействия шума на организм человека разнообразно: затруднение разборчивости речи, снижение работоспособности, обратимые и необратимые потери слуха, механическое повреждение органов слуха, воздействие на центральную и вегетативную нервную системы (через них на внутренние органы). Может вызвать головную боль, бессонницу, ослабление внимания, ухудшение памяти. Вибрации также могут неблагоприятно действовать на организм человека. Они могут быть причиной функциональных расстройств нервной и сердечнососудистой систем (спазмы сосудов), а также опорно-двигательного аппарата. Они также могут быть причиной головных болей, головокружении, повышенной утомляемости. Возможно также ухудшение состояния желудочно-кишечного тракта, головного и спинного мозга. Вибрации способны оказывать действия на все органы. Особо вредными считаются колебания с частотой 6-9 Гц, близкой к частоте колебаний человека (ГОСТ 12.1.036-81(2001)). При вибрациях таких частот возникает вредный резонанс, который увеличивает колебания внутренних органов, расширяя их или сужая.

Освещенность.

Освещенность помещения на производстве создается естественным и/или искусственными источниками света. Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная или неправильная освещенность рабочей зоны приводят к вредным воздействиям на органы зрения и психику человека. В результате снижается работоспособность, происходит отрицательное психологическое воздействие, длительная адаптация зрения, что приводит к снижению производительности труда.

**Электромагнитные магнитные поля.**

Низкочастотные электромагнитные поля возбуждает отклоняющая система электроннолучевой трубки монитора. Источник электростатического поля- прежде всего экран монитора и система формирования электронного луча ЭЛТ.

Переменные магнитные поля образует трансформатор развертки монитора, трансформаторы блоков питания и другие вспомогательные устройства. Поглощаемая тканями энергия электромагнитного поля превращается в теплоту. Если механизм терморегуляции тела не способен рассеять избыточное тепло, происходит повышение температуры тела. Перегревание органов и тканей ведет к их заболеваниям. Электромагнитные

поля могут влиять и непосредственно на клетки, приводя к изменению происходящих в них процессов. Особенно болезненно могут реагировать на электромагнитное поле клетки глаз, мозга, почек, желудка.

Отрицательное воздействие электромагнитных полей вызывает обратимые и необратимые изменения в организме: торможение рефлексов, понижение кровяного давления, выпадение волос, ломкость ногтей.

Электростатические поля могут вызывать вторичную электризацию человеческого организма. Это вредное явление способствует развитию дерматита, появлению угрей. Низковольтный разряд способен прекратить клеточное развитие, вызвать помутнение хрусталика. Воздействие магнитных полей на человека может приводить к нарушениям в нервной системе, пищевом тракте, сердечнососудистой системе, изменением в составе крови.

*7.2 Охрана труда на предприятии*

Рассмотрим опасные и вредные факторы, воздействующие на персонал, возникшие при разработке данного проекта.

*7.2.1. Электробезопасность. Статическое электричество*

Основными нормативными документами по защите от поражения электротоком являются «Правила устройства электроустановок, ПУЭ» Приказ Минэнерго России от 09.04.2003г. N 150. Электробезопасность обеспечивается в соответствии с ГОСТ 12.01.030-81 (2001).

Данным стандартом электрические изделия по способу защиты человека от поражений электрическим током подразделяются на пять классов: 0; 01; I; II; III. К классу 0 относится изделия, имеющие по крайне мере рабочую изоляцию и не имеющие элементов для заземления, если эти изделия не отнесены к классу II или III. К классу 01 относятся изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания. К классу I относятся изделия, имеющие рабочую изоляцию и элемент для заземления.

В случае, если изделие класса I имеет провод для присоединения к источнику питания, он должен иметь заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом. К классу II относятся изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления.

К классу III относятся изделия, не имеющие ни внутренних, ни внешних электрический цепей с напряжением выше 42В. Изделия получающие питание от внешнего источника, относятся к классу III только в том случае, если они предназначены для присоединения непосредственно к источнику питания с напряжением не выше 42В, у которого при холостом ходе оно не превышает 50В. При использовании в качестве источника питания трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны и между ними должна быть двойная или усиленная изоляция. Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляется в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

На практике условно различают местные электротравмы, когда возникает местное повреждение организма - электрический ожог, электрический знак, металлизация кожи частицами расплавившегося под действием электрической дуги металла, механические повреждения, вызванные непроизвольными сокращениями мышц под действием тока, и общие электротравмы, чаще называемые электрическим ударом, когда из-за нарушения деятельности жизненно важных органов и систем поражается весь организм в целом. Часто оба вида травм сопутствуют друг другу, но возможна гибель организма от общей электротравмы, когда внешних местных повреждений не видно.

Под электрическим ударом понимается процесс возбуждения живых тканей организма электрическим током, сопровождающийся судорожным сокращением мышц.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

-рода и величины напряжения тока;

-частоты электрического тока;

-пути тока через тело человека;

-продолжительность воздействия на организм человека.

Воздействие на организм человека переменного тока промышленной частоты приведено в таблице 7.2.1.

Таблица 7.2.1

|  |  |
| --- | --- |
| Сила тока, мА | Характер воздействия |
| До 1 | Не ощущается |
| 1-6 | Ощущения тока безболезненны. Управление мышцами не утрачено. Возможно самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением. |
| 6-20 | Ощущения тока болезненны. Управление мышцами затруднено, но возможно самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением. |
| 30-50 | Сильные судорожные сокращения мышц. Дыхание затруднено. Возможна остановка дыхания и сердца. |
| 50-100 | Парализация дыхания. Возможна фибрилляция сердца, приводящая к смерти. |
| 100-500 | Фибрилляция сердца, самовосстановление нормального биения сердца невозможно. |
| 500-1000 | Ожоги в местах контакта, с частями, находящимися под напряжением. Фибрилляция сердца. |
| 1000 и более | Сильные ожоги, возможна фибрилляция сердца. |

Рассмотренные реакции организма на действие электрического тока позволили установить три критерия электробезопасности и соответствующие им уровни допустимых токов (ГОСТ 12.1.038-82).

Первый критерий - неощутимый ток, который не вызывает нарушений деятельности организма и допускается для длительного (не более 10 мин. в сутки) протекания через тело человека при обслуживании электрооборудования. Для переменного тока частотой 50 Гц он составляет 0,3 мА, для постоянного -1 мА. В качестве второго критерия принимают отпускающий ток. Действие такого тока на человека допустимо, если длительность его протекания не превышает 30 с. Сила отпускающего тока: для переменного тока - 6 мА, для постоянного - 15 мА (не болевое значение). Третьим критерием является фибрилляционный ток, не превосходящий порогового фибрилляционного тока и действующий кратковременно до 1 с. Сила тока в зависимости от длительности воздействия для переменного тока промышленной частоты I~ и постоянного тока I= принята следующей:

Таблица 7.2.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t,c | 1,0 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,08.. 0,01 |
| I~,мА | 50 | 100 | 250 | 500 | 650 |
| I =, мА | 200 | 250 | 400 | 500 | 650 |

Условия электробезопасности зависят и от параметров окружающей среды производственных помещений (влажность, температура, наличие токопроводящей пыли, материала пола и др.). Тяжесть поражения электрическим током зависит от плотности и площади контакта человека с частями, находящимися под напряжением. Основные причины поражения человека электрическим током на рабочем месте: -прикосновение к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции; -нерегламентированное использование электрических приборов; -отсутствие инструктажа сотрудников по правилам электробезопасности.

*Организационные и технические мероприятия по обеспечению электробезопасности.*

Основным организационным мероприятием является инструктаж и обучение безопасным методам труда, а так же проверка знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе. Необходимы также проведение регулярного осмотра и ремонта неисправного оборудования.

***Расчет защиты от поражения электрическим током.***

В России применяются трехфазные электрические сети с заземлённой нейтралью, являющейся защитой от поражения электрическим током. Так же защитой от поражения электрическим током является зануление.

Заземляющие устройства являются неотъемлемой частью электроустановок (ЭУ) напряжением как до 1000 В, так и выше 1000 В. Зануление, в свою очередь, является неотъемлемой частью ЭУ напряжением до 1000 В, прежде всего это относится к ЭУ зданий и сооружений. Одной из основных функций заземления и зануления открытых проводящих частей (корпусов) ЭУ является защита от поражения электрическим током.

Зануление - соединение металлических нетоковедущих частей электрического прибора или устройства с нулевым проводом (нейтралью) питающей трехфазной электрической сети.

Защитный эффект зануления заключается в сокращении времени воздействия электрического тока на человека. Это достигается соединением металлических корпусов электроустановок с нулевым проводом питающего трансформатора, что превращает замыкание на корпус в короткое замыкание, при котором срабатывает защита, отключающая электроустановку от сети.



Схема защитного зануления.

НЗП - нулевой защитный провод (соединяет зануляемые части с заземленной нейтральной точкой ПЭВМ).

HP - нулевой рабочий проводник (служит для питания электроприёмника, подключен к заземленной нейтрале источника питания).

R0 - сопротивление нейтрали, Ом.

где Iкз - сила тока короткого замыкания, А;

UФ - фазное напряжение, В (~ 220 В);

R*т* - сопротивление фазного провода, Ом (~ 0,412 Ом - по паспорту).

где ρ - удельное сопротивление материала проводника, ;

*l* - длина проводника, м;

s - площадь поперечного сечения проводника, мм2.

 Для расчетов возьмем медные проводники длиной *l*1=800 м, *l*2=700 м, *l*3=100 м и площадью поперечного сечения s1=2мм2, s2=l мм2, s3= 1 мм2.

(из справочника возьмем удельное сопротивление меди ρ=0,0175 )

Теперь по значению Iкз можно определить с каким Iном в цепь питания ПЭВМ необходимо включить автомат:

где k- коэффициент качества защитного устройства, k = 3 для магнитного расцепителя.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током в цепь питания ПЭВМ необходимо включить автомат с Iном = 4 А.

*7.2.2. Пожаробезопасность*

Пожарная безопасность предусматривает такое состояние объекта, при котором исключается возникновение пожара, а в случае его возникновения обеспечивается защита от воздействия на людей опасных факторов пожара и защита материальных ценностей.

Пожарная безопасность обеспечивается системами предотвращения пожара и пожарной защиты, включающими комплекс организационных мероприятий и технических средств. Современная пожарная защита имеет на вооружении системы быстрого обнаружения пожара, совершенную технику и эффективные средства тушения, своевременное и квалифицированное использовании которых дает возможность ликвидировать пожар в самом начале возникновения. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности регламентированы правилами противопожарного режима РФ, утверждённых постановлением Правительства Российской Федерации № 390 от 25 апреля 2012 г.

Причины возникновения пожара.

Причинами возникновения пожара могут быть:

* неисправности электропроводки, розеток и выключателей, которые могут привести к короткому замыканию или пробою изоляции;
* использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
* использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
* возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание;
* возгорание здания вследствие внешних воздействий;
* неаккуратное обращение с огнем и не соблюдение мер пожарной безопасности.

Профилактика пожара.

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение факторов и обоснование способов и средств предупреждения и защиты от пожара.

В целях предотвращения пожара необходимо проводить противопожарный инструктаж, на котором необходимо ознакомить сотрудников с правилами противопожарной безопасности, а также обучить использованию первичных средств пожаротушения. Одно из условий обеспечения пожаробезопасности - ликвидация возможных источников воспламенения.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

*7.2.3. Оздоровление воздушной среды и нормализация параметров микроклимата*

Важнейшее значение для нормальной жизнедеятельности человека имеет наличие чистого воздуха необходимого химического состава и имеющего оптимальные температуру, влажность и скорость движения.

В производственных помещениях при работе станков, машин, оборудования, от технологического процесса и нахождения работающих людей могут выделяться избыточные количества тепла и влага, а также загрязняющих воздух газов, паров, пыли. ГОСТ 12.1.005-88 (2001), а также санитарными нормами проектирования промышленных предприятий установлены предельно допустимое содержание вредных веществ и состояние воздуха в рабочей зоне. Нормализация воздуха рабочей зоны достигается разработкой технологических процессов, исключающих вредные выделения, соответствующим конструированием исключающих вредные выделения, соответствующим конструированием технологического оборудования, правильной эксплуатацией, а также подачей в рабочую зону чистого воздуха с помощью вентиляции.

*Загрязнение среды вредными веществами.*

Под вредным веществом понимают вещество, которое при контакте с организмом человека вызывает производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни и последующих поколений. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны классифицируется как опасный и вредный производственный фактор.

Одним из вредных веществ, часто находящихся в воздухе машиностроительных цехов, является пыль. Пыль оказывает вредное воздействие главным образом на дыхательные пути и легкие. При длительном воздействии пыли на организм человека возможны серьезные поражения всего организма.

Пыль обычно классифицируют по токсичности и дисперсности. К ядовитой и/или токсичной, пыли относятся свинцовая, марганцевая. Хромовая и др. Эта пыль, попадая в организм или оседая на коже, может вызвать острое или хроническое отравление. Растворяясь в слюне или на слизистых дыхательных путей, она превращается в жидкий яд.

Вредное действие пыли в воздухе усугубляется при увеличении ее концентрации. Концентрация пыли в воздухе определяется ее массовым содержанием в мг/м3, или числом частицы пыли, находящихся в 1 см3.

Частицы пыли, имеющие многогранную форму с острыми иглообразными и крючкообразными выступами, оседая в верхних дыхательных путях, вызывают воспаление тканевых клеток. Воспаленные тканевые клетки дыхательных органов создают благоприятные условия для проникновения в организм возбудителей различных инфекционных болезней. В соответствии с ГОСТ 12.1.007-82 (1999) по степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности: 1-й - вещества чрезвычайно опасные; 2-й - вещества высокоопасные; 3-й- вещества умеренно опасные; 4-й- вещества малоопасные.

Класс опасности вредных веществ установлен в зависимости от норм и показателей (табл.7.2.3). Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), указанных в таблицах ГОСТ 12.1.005-88(2001)

Таблица 7.2.3

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Нормы для класса опасности |
| 1-го | 2-го | 3-го | 4-го |
| Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м3 | Менее 0,1 | 0,1-1,0 | 1,1-10,0 | Более 10,0 |
| Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м3 | Менее 500 | 500-5000 | 5001-50000 | Более 50000 |

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны - это концентрации, которые при ежедневной 8-часовой (кроме выходных дней) работе или при другой продолжительности (но не более 41ч. в неделю) в течение всего рабочего стажа не вызывают заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами обязательно должны предусматривать применение средств индивидуальной защиты, а также специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала.

*Нормированные параметры микроклимата.*

Действующими нормативами параметров воздуха рабочей зоны производственных помещений являются «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ГОСТ 12.1.005-88 (2001)». Величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, устанавливаемые для рабочей зоны производственных помещений с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и периодов года, подразделяются на оптимальные и допустимые.

Создание в рабочей зоне надлежащих метеорологических условий благоприятно воздействует на организм, способствует хорошему самочувствию, повышает безопасность работы, обеспечивает высокую работоспособность. Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, которые определяется действующим на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающей поверхностей.

Оптимальные микроклиматические условия - это сочетания параметров микроклимата. Которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакции терморегуляции.

Допустимые микроклиматические условия - это сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать переходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжения реакций терморегуляции, не выходящей за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникают изменения состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижения работоспособности.

*Оптимальные нормы микроклимата.*

Таблица 7.2.4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Период года | Категория работ | Температура, С ̊  | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха |
| Холодный и переходный | Лёгкая | 20-23 | 60-40 | 0,2 |
| Средней тяжести IIа | 18-20 | 60-40 | 0,2 |
| Средней тяжести IIб | 17-20 | 60-40 | 0,3 |
| Тяжёлая III | 16-18 | 60-40 | 0,3 |
| Тёплый | Лёгкая | 22-25 | 60-40 | 0,2 |
| Средней тяжести IIа | 21-23 | 60-40 | 0,3 |
| Средней тяжести IIб | 20-22 | 60-40 | 0,4 |
| Тяжёлая III | 18-21 | 60-40 | 0,5 |

*7.2.4. Освещение промышленных предприятий*

Зрение человека является важнейшим источником информации, поступающей в мозг человека из внешней среды. Правильно устроенное освещение обеспечивает хорошую видимость и создает благоприятные условия труда. Недостаточное освещение вызывает преждевременное утомление, притупляет внимание работающего, снижает производительность труда, ухудшает качественные показатели и может оказаться причиной несчастного случая. Рабочие зоны освещаются в такой мере, чтобы рабочий имел возможность хорошо видеть процесс работы, не напрягая зрения и не наклоняясь для этого к инструменту и обрабатываемому изделию, расположенным на расстоянии 0,5 м от глаза. Освещение не должно создавать резких теней или бликов, оказывающих слепящее действие. Необходимо также защитить глаза рабочего от прямых солнечных источников света. Световое излучение оказывает влияние на организм человека и может изменить частоту пульса, интенсивность некоторых процессов обмена веществ, общее нервно - психическое состояние. Оптимальные световые условия оказывают благоприятные воздействие на активность человека и его работоспособность.

*Естественное освещение*

Естественное освещение используется в дневное время суток. Оно обеспечивает хорошую освещенность, равномерность; вследствие высокого рассеивания благоприятно действует на зрение и экономично.

Помимо этого солнечный свет оказывает биологически оздоравливающее и тонизирующее воздействие на человека. Естественное освещение помещений осуществляется через световые проемы и подразделяется на следующие типы: боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое) (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, СНиП 11-4-79).

Естественное освещение в помещение определяется коэффициентом естественной освещенности (КЕО) - *е*, представляющим собой выраженное в процентах отношение освещенности какой-либо точки помещения к точке на горизонтальной плоскости вне помещения, освещенной рассеянным светом всего небосвода, в тот же самый момент времени:

где *Е*вн - освещенность точки внутри помещения; Енар - освещенность точки вне помещения.

Задачей расчета естественного освещения является определение отношения общей площади застекленных проемов окон и фонарей к площади помещения.

В таблице 7.2.5 приведены значения КЕО при естественном освещения в зависимости от характера выполняемой работы в соответствии

СНиП 11-4-79.

Таблица 7.2.5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характер выполняемой работы | Размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Значение КЕО при естественном освещении, % |
| Верхнем и комбинированном | Боковом |
| Наивысшей точности | Менее 0,15 | I | 10 | 3,5 |
| Очень высокой точности | От 0.15 до | II | 7 | 2,5 |
| Высокой точности | От 0.3 до | III | 5 | 2 |
| Средней точности | От 0.5 до 1 | IV | 4 | 1,5 |
| Малой точности | От 1 до 5 | V | 3 | 1 |
| Грубая | Более 5 | VI | 2 | 0,5 |
| С самосветящимися | - | VII | 3 | 1 |
| Общее наблюдение за ходом производства: |  |  |  |  |
| постоянное | - | VIII | 1 | 0,3 |
| периодическое | - | - | 0,7 | 0,2 |
| работа на складах | - | IX | 0,5 | 0,1 |

*Искусственное освещение.*

В темное время суток, а так же при недостаточном естественном освещении необходимо применять искусственное освещение как в помещениях, так и на открытых площадках. В связи с этим качеству искусственного освещения придают серьезное значение.

Электрический свет не только заменяет естественное освещение, но и облегчает труд, снижает усталость. На качество освещения помещения оказывает влияние световой поток лампы, а также тип и цвет светильника, цвет окраски помещения и оборудования, их состояние (свежесть окраски, запыленность).

Искусственное освещение по способу расположения источников света подразделяется на общее, местное и комбинированное. В производственных помещениях одно местное освещение использовать не разрешается.

В осветительных установках промышленных предприятий применяют лампы накаливании и газоразрядные источники света. Основные характеристики ламп: номинальное напряжение, электрическая мощность, световой поток, световая отдача и срок службы.

Нормативным документом по искусственному освещению являются СНиП 11-4-79.

Нормы освещенности при использовании газоразрядных ламп выше, чем ламп накаливания, поскольку они более экономичны, что определяет повышение освещенности без увеличения расхода электроэнергии.

*7.2.5. Воздействие шума. Вибрация.*

Шумом принято называть любой не желательный звук, воспринимаемый органом слуха человека. Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты (СН 2.2.4/2.1.8.556-96, СН-3044-84, СН-3041-84).

Шум оказывает вредное влияние на весь организм и в первую очередь на центральную нервную и сердечнососудистую системы. Длительное воздействие интенсивного шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях - к глухоте. Шум на производстве неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций. В результате снижается производительность и ухудшается качество работы.

Нормы устанавливают предельные значения параметров шума в различных производственных помещениях в зависимости от характера труда в них, а не от видов оборудования. (ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.)

Наиболее эффективным мероприятием по борьбе с шумом надо считать снижение его в источниках образования, т.е. непосредственно в агрегатах, машинах, механизмах и т.п. Вибрации также могут неблагоприятно действовать на организм человека. Они могут быть причиной функциональных расстройств нервной и сердечнососудистой систем (спазмы сосудов), а также опорно­двигательного аппарата. Они также могут быть причиной головных болей, головокружении, повышенной утомляемости. Возможно также ухудшение состояния желудочно-кишечного тракта, головного и спинного мозга. Вибрации способны оказывать действия на все органы. Особо вредными считаются колебания с частотой 6-9 Гц, близкой к частоте колебаний тела человека. При вибрациях таких частот возникает вредный резонанс, который увеличивает колебания внутренних органов, расширяя их или сужая.

Следует сказать, что нормы устанавливают предельные значения параметров шума в различных производственных помещениях в зависимости от характера труда в них, а не от видов оборудования в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 (таблица 7.2.6.)**.**

 *Таблица 7.2.6*

| Вид трудовой деятельности, рабочие места | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц | Уровни звука и экв. уровни звука, дБ*А* |
| --- | --- | --- |
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |  |
| 1.Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность: рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро; расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| 2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории:рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях | 93 | 79 | 70 | 63 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 |
| 3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа: рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| 4.Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами: рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин | 103 | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 75 |
| 5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1-4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

*7.2.6.* Воздействие электромагнитных полей.

Электромагнитные поля (ЭМП) высоких, ультравысоких и сверхвысоких радиочастот нашли широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Использование электромагнитных излучений в диапазоне радиочастот в электротермических установках дает большие преимущества, но, систематически воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, может явиться причиной профессиональных заболеваний. В результате возможны изменения нервной, сердечнососудистой, эндокринной и других систем организма человека.

*Нормирование электромагнитных полей.*

Основными нормативными документами являются «Единые санитарные правила при работе с источниками излучений ЭМП радиочастот» N 848-70 (78), СаНПиН 2.2.4.1191-03, ГОСТ 12.1.006—84. Допустимые уровни облучения в диапазоне ВЧ и СВЧ имеют неодинаковые значения для разных длин волн. Электромагнитное поле, распространяясь в пространстве, переносит определенное количество энергии, характеризуемое ее плотностью (ВТ/м2):

где Е и Н — соответственно напряженность электрического и магнитного полей, В/м и А/м; ε — диэлектрическая постоянная среды, Ф/м; μ —- магнитная проницаемость среды, Г/м. Длина волны λ, м.

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.006—84 электромагнитное поле (ЭМП) в диапазоне частот 60кГц—300МГц должно оцениваться напряженностью его составляющих, а в диапазоне частот 300МГц—300ГГц— плотностью потока энергии. В ГОСТ 12.1.006—84 установлены предельно допустимые уровни (ПДУ) напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля при работе с источниками СВЧ - дифференцирование для излучений, имеющих постоянные и меняющиеся характеристики.(табл.7.2.7). В таблице 7.2.8 указаны плотность потока и время пребывания работников на их рабочих местах связанных с воздействием ЭМП.

Таблица 7.2.7

|  |  |
| --- | --- |
| Электрическая составляющая, В/м | Магнитная составляющая, А/м |
| Частотныйдиапазон,МГп | Длина волны,м | ПДУ | Частотныйдиапазон,МГп | Длина волны, м | ПДУ |
| В диапазоне ВЧ (длинные, средние и короткие волны) |
| 0,06-100 | 5000-100 | 50 | 0,06-1,5 | 5000-200 | 5 |
| 3-30 | 100-10 | 20 |
| В диапазоне УВЧ (ультракороткие волны) |
| 30-50 | 10-6 | 10 | 30-50 | 10-6 | 0,3 |
| 50-300 | 6-1 | 5 |

Таблица 7.2.8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Плотность потока энергии | Время пребывания персонала в местах связанных с воздействием ЭМП | Примечание |
| Вт/м2 | мкВт/см2 |
| При постоянных характеристиках излучений. |
| От 1,0 | До 10 | Рабочий день | \_\_ |
| От 0,1 до 1,0 | От 10 до 100 | Не более 2 часов | в остальное рабочее время плотность потока энергии не должна превышать 0,1 Вт/м2 |
| От 1,0 до 10,0 | От 10 до 100 | Не более 20 минут | При использовании защитных очков. В остальное рабочее время плотность потока энергии не должна превышать 0,1 Вт/м2 |
| При излучениях, возникающих от вращающихся и сканирующих антенн. |
| До 0.1 | До 100 | Рабочий день | \_\_ |
| От 0,1 до 10,0 | От 100 до 1000 | Не более 2 часов | В остальное рабочее время плотность потока энергии не должна превышать 1ВТ/м |

*Измерение интенсивности электромагнитных полей*

Для определения интенсивности электромагнитных полей, воздействующих на обслуживающий персонал, замеры проводят в зоне нахождения персонала по высоте от уровня пола (земли) до 2 м через 0,5 м. Д ля определения характера распространения и интенсивности полей в цехе, на участке, в кабине, помещении (лаборатории и др.) должны быть проведены измерения в точках пересечения координатной сетки со стороной в 1 м. Измерения проводят (при максимальной мощности установки) периодически, не реже одного раза в год, а также при приеме в эксплуатацию новых установок, изменениях в конструкции и схеме установки, проведении ремонтов и т. д.

Исследования электромагнитных полей на рабочих местах должны проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.002 - 84, ГОСТ 12.1.006 - 84 по методике, утвержденной Минздравом СССР.

Для измерения интенсивности электромагнитных полей радиочастот используется прибор ИЭМП-1. Этим прибором можно измерить напряженности электрического и магнитного полей вблизи излучающих установок в диапазоне частот 100 кГц - 300 МГц для электрического поля и в диапазоне частот 100 кГц - 1,5 МГц - для магнитного поля. С помощью данного прибора можно установить зону, в пределах которой напряженность поля выше допустимой.

Плотность потока мощности в диапазоне УВЧ—СВЧ измеряют прибором ПО-1, с помощью которого можно определить среднее по времени значение ρп, Вт/м2.

Измерения напряженности электрического поля в электроустановках сверхвысокого напряжения производят приборами типа ПЗ-1, ПЗ-1 м и др. Измерение напряженности должно производиться во всей зоне, где может находиться человек в процессе выполнения работы. Наибольшее измеренное значение напряженности является определяющим. При размещении рабочего места на земле наибольшая напряженность обычно бывает на высоте роста человека. Поэтому замеры рекомендуется производить на высоте 1,8 м от уровня земли.

Напряженность электрического поля, кВ/м, для любой точки можно определить из выражения:

где τ —линейная плотность заряда провода, Кл/м; ε0=8,85∙1012 - электрическая постоянная, Ф/м; т — кратчайшее расстояние от провода до точки, в которой определяется напряженность, м.

Это выражение предусматривает определение напряженности электрического поля уединенного бесконечно длинного прямолинейного проводника, заряженного равномерно по длине. Вводя соответствующие поправки, можно с достаточной точностью определить уровни напряженности электрического поля в заданных точках линии и подстанции сверхвысокого напряжения в реальных условиях.

*Средства зашиты от воздействия ЭМП*

Для защиты персонала от воздействия ЭМП используют различные способы средства. Уменьшают напряженность и плотность потока энергии ЭМП; экранируют рабочие места; удаляют рабочие места от источника ЭМП; рационально размещают в рабочем помещении оборудование, излучающее электромагнитную энергию; устанавливают рациональные режимы работы оборудования и обслуживающего персонала; применяют средства предупреждений сигнализации (световой, звуковой и т.д.), средства индивидуальной защиты.

*7.3. Расчет экранировки проектируемого устройства*

Как уже говорилось, в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.006—84 электромагнитное поле (ЭМП) в диапазоне частот 60кГц — 300МГц должно оцениваться напряженностью его составляющих, а в диапазоне частот 300МГц - 300ГГц - плотностью потока энергии. Характер распространения электромагнитного поля и его свойства зависят от частоты. На различных расстояниях от источника излучения выделяют волновую зону, зону дифракции и индукции. Зона индукции (ближняя зона) находится в пределах расстояния от источника . В ней соотношение напряженности электрического и магнитного полей зависит от вида источника излучения.

В данном случае источником излучения является спиральная замедляющая система (ЗС), которую можно рассматривать как катушку индуктивности, содержащую 400 витков. Ближняя зона действия излучения ЗС (частотный диапазон 5МГц-6МГц) находится в пределах 5м. Напряженность Н*х* может быть определена из выражения:

где *ω* и а — число витков и радиус катушки, м; I— сила тока в катушке, А; *х* — расстояние от источника (катушки) до рабочего места, м; *ßm*— коэффициент, определяемый соотношением х/а (при х/а > 10 *ßm* =1).

Учитывая конкретный случай, где *ω* =400; а=5 · 103 м; I = 0.014 А; х=5 м; *ßm=l,* имеем Н*х*= 1,4∙10-6 А/м — что даже в отсутствии экрана меньше предельно-допустимого значения (см. таблицу 7.2.8.)

Если регламентируется допустимая электрическая составляющая поля *Ед*, магнитная составляющая может быть определена из выражения:

где *f*— частота поля, Гц.

Исходя из этого электрическая составляющая поля **,** В/м. - что также даже в отсутствии экрана меньше предельно-допустимого значения, (см. таблицу 7.2.8) Степень ослабления электромагнитного поля экраном характеризуется величиной, условно называемой глубиной проникновения электромагнитного поля в материал экрана, толщина которого должна быть больше глубины проникновения поля. Глубину проникновения поля *δ* в экран, в котором поле ослабляется в *e* — 2,718 раз, определяют по формуле:

где *μ* - абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м; σ - удельная проводимость материала экрана, Ом/м; *f* - частота, Гц. Эффективность экранированная сплошного экрана Э должна удовлетворять неравенству:

где d- толщина экрана материала, мм.

Чем больше *σμf,* тем меньше глубина проникновения поля в толщу экрана и, следовательно, тем тоньше может быть экран.

Обычно глубина проникновения электромагнитных полей высоких и сверхвысоких частот очень мала (значительно меньше миллиметра), поэтому толщину экрана, как правило, выбирают из конструктивных соображений. Принимая во внимание, сказанное выше и то, что принцип работы и конструкция данного прибора предусматривает необходимость наличия металлического экрана, устройство можно считать безопасным в эксплуатации.

***8. Экологическая часть***

*8.1 Источники электромагнитных полей радиочастот и их характеристика*

Источниками электромагнитных полей (ЭМП) являются: атмосферное электричество, радиоизлучения, электрические и магнитные поля Земли, искусственные источники (установки ТВЧ, радиовещание и телевидение, радиолокация, радионавигация и др.). Источниками излучения электромагнитной энергии являются мощные телевизионные и радиовещательные станции, промышленные установки высокочастотного нагрева, атак же многие измерительные, лабораторные приборы. Источниками излучения могут быть любые элементы, включенные в высокочастотную цепь.

Токи высокой частоты применяют при плавлении металлов, термической обработки металлов, диэлектриков, полупроводников и многих других целей. Для научных исследований в медицине применяют токи ультравысокой частоты, в радиотехнике— токи ультравысокой и сверхвысокой частоты. Возникающие при использовании токов высокой частоты электромагнитные поля представляют определенную профессиональную вредность, поэтому необходимо принимать меры защиты от их воздействия на организм. Токи высоко частоты создают в воздухе излучения, имеющие ту же электромагнитную природу, что и инфракрасное, видимое, рентгеновское и гамма-излучение. Различие между этими видами энергии - в длине волны и частоте колебаний, а значит, и в величине энергии кванта, составляющего электромагнитного поля. Электромагнитные волны, возникающие при колебании электрических зарядов (при прохождении переменных токов), называются радиоволнами.

Электромагнитное поле характеризуется длинной волны λ ( м) и частотой колебаний *f* (Гц). Интервал длин радиоволн — от миллиметров до десятков километров, что соответствует частотам колебаний в диапазоне от

3 ∙ 104 Гц до 3 · 1011 Гц.

Интенсивность электромагнитного поля в какой либо точке пространства зависит от мощности генератора и расстояния от него. На характер распределения поля в помещении влияет наличие металлических предметов и конструкций, которые являются проводниками, а также диэлектриков, находящихся в ЭМП.

*8.2 Воздействие электромагнитных полей на организм человека*

В соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 степень биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, режима его генерации (импульсное, непрерывное), длительности воздействия. Биологическое воздействие полей разных диапазонов неодинаково. Чем короче длина волны, тем большей энергией она обладает. Высокочастотные излучения могут ионизировать атомы или молекулы в соматических клетках - и та нарушать идущие в них процессы. А электромагнитные колебания длинноволнового спектра хоть и не выбивают электроны из внешних оболочек атомов и молекул, но способны нагревать органику, приводить молекулы в тепловое движение. Причем тепло это внутреннее - находящиеся на коже чувствительные датчики его не регистрируют. Чем меньше тело, тем лучше оно воспринимает коротковолновое излучение, чем больше - тем лучше воспринимает длинноволновое излучение.

Особенно чувствительны к неблагоприятному воздействию электромагнетизма эмбрионы и дети. Человек, создав такой вид излучения, не успел выработать к нему защиты. Первичным проявлением действия электромагнитной энергии является нагрев, который может привести к изменениям и даже к повреждениям тканей и органов. Механизм поглощения энергии достаточно сложен. Наиболее чувствительными к действию электромагнитных полей являются *центральная нервная система* (субъективные ощущения при этом - повышенная утомляемость, головные боли и т. п.) и нейроэндокринная система.

С нарушением нейроэндокринной регуляции связывают эффект со стороны сердечнососудистой системы, системы крови, иммунитета, обменных процессов, воспроизводительной функции и др. Влияние на *иммунную систему* выражается в снижении фагоцитарной активности нейтрофилов, изменениях комплиментарной активности сыворотки крови, нарушении белкового обмена, угнетении Т-лимфоцитов. Возможны также изменение частоты пульса, сосудистых реакций. Описаны изменения кроветворения, нарушения со стороны эндокринной системы, метаболических процессов, заболевания органов зрения. Было установлено, что клинические проявления воздействия радиоволн наиболее часто характеризуются астеническими, астеновегетативными и гипоталамическими синдромами:

1. Астенический синдром. Этот синдром, как правило, наблюдается в начальных стадиях заболевания и проявляется жалобами на головную боль, повышенную утомляемость, раздражительность, нарушение сна, периодически возникающие боли в области сердца.
2. Астеновегетативный или синдром нейроциркулярной дистонии. Этот синдром характеризуется ваготонической направленностью реакций (гипотония, брадикардия и др.).
3. Гипоталамический синдром. Больные повышенно возбудимы, эмоционально лабильны, в отдельных случаях обнаруживаются признаки раннего атеросклероза, ишемической болезни сердца, гипертонической болезни.

Поля сверхвысоких частот могут оказывать воздействие на глаза, приводящее к возникновению катаракты (помутнению хрусталика), а умеренных - к изменению сетчатки глаза по типу ангиопатии. В результате длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость, сонливость или нарушение сна, появляются частые головные боли, наступает расстройство нервной системы и др. Многократные повторные облучения малой интенсивности могут приводить к стойким функциональным расстройствам центральной нервной системы, стойким нервно-психическим заболеваниям, изменению кровяного давления, замедлению пульса, трофическим явлениям (выпадению волос, ломкости ногтей и т. п.). Аналогичное воздействие на организм человека оказывает электромагнитное поле промышленной частоты в электроустановках сверхвысокого напряжения. Интенсивные электромагнитные поля вызывают у работающих нарушение функционального состояния центральной нервной, сердечнососудистой и эндокринной системы, страдает нейрогуморальная реакция, половая функция, ухудшается развитие эмбрионов (увеличивается вероятность развития врожденных уродств). Также наблюдаются повышенная утомляемость, вялость, снижение точности движений, изменение кровяного давления и пульса, возникновение болей в сердце (обычно сопровождается аритмией), головные боли. В условиях длительного профессионального облучения с периодическим превышением предельно допустимых уровней у части людей отмечали функциональные перемены в органах пищеварения*,* выражающиеся в изменении секреции и кислотности желудочного сока, а также в явлениях дискинезии кишечника. Также выявлены функциональные сдвиги со стороны эндокринной системы: повышение функциональной активности щитовидной железы, изменение характера сахарной кривой и т.д. Предполагается, что нарушение регуляции физиологических функций организма обусловлено воздействием поля на различные отделы нервной системы. При этом повышение возбудимости центральной нервной системы происходит за счет рефлекторного действия поля, а тормозной эффект - за счет прямого воздействия поля на структуры головного и спинного мозга. Считается, что кора головного мозга, а также промежуточный мозг особенно чувствительны к воздействию поля. В последние годы появляются сообщения о возможном влиянии электромагнитного излучения на появление злокачественных заболеваний. Еще немногочисленные данные все же говорят, что наибольшее число случаев приходится на опухоли кроветворных тканей и на лейкоз в частности. Это становится общей закономерностью канцерогенного эффекта при воздействии на организм человека и животных физических факторов различной природы и в ряде других случаев.

*8.3 Нормирование электромагнитных полей*

Исследованиями установлено, что биологическое действие одного и того же по частоте электромагнитного поля зависит от напряженности его составляющих (электрической и магнитной) или плотности потока мощности для диапазона более 300МГц. Это является критерием для определения биологической активности электромагнитных излучений. Для этого электромагнитные излучения с частотой до 300МГц разбиты на диапазоны, для которых установлены предельно допустимые уровни напряженности электрической, В/м, и магнитной, А/м, составляющих поля. Для населения еще учитывают их местонахождение в зоне застройки или жилых помещений. Согласно ГОСТ 12.1.006—84, нормируемыми параметрами в диапазоне частот 60кГц— 300МГц являются напряженности Е и Н электромагнитного поля. Эффект воздействия электромагнитного поля на биологический объект принято оценивать количеством электромагнитной энергии, поглощаемой этим объектом при нахождении его в поле, Вт:

где σ - плотность потока мощности излучения электромагнитной энергии, Вт/м2; Sэф - эффективная поглощающая поверхность тела человека, м2.

В таблице 1 приведены предельно допустимые плотности потока энергии электромагнитных полей (ЭМП) в диапазоне частот 300 МГц—300 ГГц и время пребывания на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала, профессионально связанного с воздействием ЭМП.

*Таблица 1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Плотность потока мощности энергии, Вт/м2 | Допустимое время пребывания в зоне воздействия ЭМП | Примечание |
| До 0,1 | Рабочий день | В остальное рабочее время плотность потока энергии не должна превышать 0,1 Вт/м2 при условии пользования защитными очками. В остальное рабочее время плотность потока энергии не должна превышать 0,1 Вт/м2. |
| 0,1-1 | Не более 2 ч. |
| 1-10 | Не более 10 мин. |

Пространство, в котором напряженность электрического поля равна 5 кВ/м и больше, принято считать *опасной зоной или зоной влияния.* Приближенно можно считать, что эта зона лежит в пределах круга с центром в точке расположения ближайшей токоведущей части, находящейся под напряжением, и радиусом R=20 м для электроустановок 400-500 кВ и R=30м для электроустановок 750 кВ. На пересечении линий электропередачи сверхвысокого (400-700 кВ) и ультравысокого (1150 кВ) напряжения с железными и автомобильными дорогами устанавливаются специальные знаки безопасности, ограничивающие зовы влияния этих воздушных линий.

*8.4 Требования к размещению объектов, излучающих в окружающую среду электромагнитную энергию радиоволн*

Чтобы уровень электромагнитной энергии на территории жилой застройки не превышал допустимого, площадки для размещения передающих длинноволновых, средневолновых, и коротковолновых станций, радиорелейных линий связи необходимо выбирать с учетом мощности объекта, конструктивных особенностей антенн.

Передающие радиоцентры, радиостанции, телецентры при мощности одного передатчика или суммарной мощности нескольких передатчиков более 100кВт, а также обзорные радиолокационные станции размещают за пределами населенных мест с выполнением условий, обеспечивающих соблюдение установленных предельно допустимых уровней электромагнитной энергии.

Дня снижения степени облучения населенных территорий антенны радиолокационных станций устанавливают на насыпях (эстакадах) или естественных возвышениях, максимально ограничивая использование отрицательных углов наклона антенн. Технические территории передающих радиостанций, радиолокационных объектов, телецентров и телевизионных ретрансляторов должны быть ограждены в соответствии с требованиями строительных норм и правил для предотвращения случайных попаданий на эти территории населения.

Размещение жилых и общественных зданий на технической территории объектов, являющихся источником излучения электромагнитной энергии радиоволн не допускается. В целях зашиты населения от воздействия электромагнитной энергии, излучаемой передающими радио-, телевизионными станциями, объектами радиолокации, устанавливаются санитарно-защитные зоны между перечисленными объектами и малой застройки.

Размеры санитарно-защитных зон передающих радиостанций, телецентров, телевизионных ретрансляторов и радиолокационных станций (таблица 2) . Они установлены для типовых радиопередающих объектов. Для условий, отличающихся от типовых, определение размеров санитарно-защитных зон определяется с учетом реальных условий. Размеры этих зон в зависимости от мощности объекта, типа и высоты установки антенн над уровнем земли, диаграммы излучения электромагнитной энергии, рельефа местности могут изменяться как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения.

Размеры санитарно-защитных зон для типовых передающих радиостанций представлены в таблице 2.

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Мощность одного передатчика | Наименование объекта | Санитарно-защитная зона в метрах |
| Малой мощности - до 5 кВт | Длинноволновые | 10 |
| Средневолновые | 20 |
| Коротковолновые | 175 |
| Средней мощности - от 5 до 25 кВт | Длинноволновые | 10-75 |
| Средневолновые | 20-150 |
| Коротковолновые | 175-400 |
| Большой мощности - от 25 до 100 кВт | Длинноволновые | 75-480 |
| Средневолновые | 150-960 |
| Коротковолновые | 400-2500 |
| Сверхмощные - свыше 100 кВт | Длинноволновые | Более 480 |
| Средневолновые | Более 960 |
| Коротковолновые | Более 2500 |

Проектная документация на размещение и строительство новых и реконструируемых передающих объектов и радиолокационных станций должна содержать данные, характеризующие распределение энергии электромагнитного поля радиоволн на территориях, прилегающих к радио объектам, а также мероприятия по защите населения от воздействия этого фактора.

В жилой зоне, где уровень электромагнитной энергии превышает предельно допустимые величины, должны быть произведены необходимые мероприятия по его снижению. К таким мероприятиям относятся: ограничение мощности радиопередающих объектов, изменение направления угла излучения и высоты установки антенн, вынос радиопередающего объекта за пределы жилой застройки или вынос радиопередающего объекта за пределы жилой застройки или вынос жилья из зоны влияния радиопередающего объекта и т.д.

*8.5 Методы защиты от электромагнитных полей*

Основные меры защиты от воздействия электромагнитных излучений:

* уменьшение излучения непосредственно у источника (достигается увеличением расстояния между источником направленного действия и рабочим местом, уменьшением мощности излучения генератора);
* рациональное размещение СВЧ и УВЧ установок (действующие установки мощностью более 10 Вт следует размещать в помещениях с капитальными стенами и перекрытиями, покрытыми радиопоглощающими материалами: кирпичом, шлакобетоном, а также материалами, обладающими отражающей способностью (масляными красками и др.);
* дистанционный контроль и управление передатчиками в экранированном помещении (для визуального наблюдения за передатчиками оборудуются смотровые окна, защищенные металлической сеткой);
* экранирование источников излучения и рабочих мест (применение отражающих заземленных экранов в виде листа или сетки из металла, обладающего высокой электропроводностью — алюминия, меди, латуни, стали и т.д.);
* организационные меры - проведение дозиметрического контроля интенсивности электромагнитных излучений -не реже одного раза в 6 месяцев;
* медосмотр — не реже одного раза в год; дополнительный отпуск, сокращенный рабочий день, допуск лиц не моложе 18 лет и не имеющих заболеваний центральной нервной системы, сердца, глаз);
* применение средств индивидуальной защиты (спецодежда, защитные очки и др.)

Генераторы токов высокой частоты устанавливают в отдельных огнестойких помещениях, машинные генераторы — в звуконепроницаемых кабинах. Для установок мощностью до 30 кВт отводят площадь не менее 40 м2, большей мощности не менее 70 м2. Расстояние между установками должно быть не менее 2 м, помещения экранируют, в общих помещениях установки размещают в экранированных боксах. Обязательна общая вентиляция помещений, а при наличии вредных выделений и местная. Помещения высокочастотных установок запрещается загромождать металлическими предметами. Наиболее простым и эффективным методом защиты от электромагнитных полей является «защита расстоянием». Зная характеристики металла, можно рассчитать толщину экрана σ, мм, обеспечивающую заданное ослабление электромагнитных полей на данном расстоянии:

где *ω* = 2π*f* - угловая частота переменного тока, рад/с; *μ* - магнитная проницаемость металла защитного экрана, Гн/м; *γ* -электрическая проводимость металла экрана (Ом-1 ·м-1); *Эх*— эффективность экранирования на рабочем месте, определяемая из выражения:

где *Нх* и *Нхэ* — максимальные значения напряженности магнитной составляющей поля на расстоянии *х*, м от источника соответственно без экрана и с экраном, А/м. Напряженность *Нх* может быть определена из выражения:

где ω и а — число витков и радиус катушки, м; I — сила тока в катушке, А; *х* - расстояние от источника (катушки) до рабочего места, м; β*т* — коэффициент, определяемый соотношением х/а (при х/а > 10 β*т* = 1). Если регламентируется допустимая электрическая составляющая поля Ед, магнитная составляющая может быть определена из выражения:

где *f* — частота поля, Гц.

Экранирование — наиболее эффективный способ защиты. Электромагнитное поле ослабляется экраном вследствие создания в толще его поля противоположного направления. Степень ослабления электромагнитного поля зависит от глубины проникновения высокочастотного тока в толщу экрана. Чем больше магнитная проницаемость экрана и выше частота экранируемого поля, тем меньше глубина проникновения и необходимая толщина экрана. Экранируют либо источник излучений, либо рабочее место. Экраны бывают отражающие и поглощающие.

Инженерные защитные мероприятия строятся на использовании явления экранирования электромагнитных полей, либо на ограничении эмиссионных параметров источника поля (снижении интенсивности излучения). При этом второй метод применяется в основном на этапе проектирования излучающего объекта. Электромагнитные излучения могут проникать в помещения через оконные и дверные проемы (явление дисперсии электромагнитных волн). Для экранирования оконных проемов применяются либо мелкоячеистая металлическая сетка (этот метод защиты не распространён по причине не эстетичности самой сетки и значительного ухудшения вентиляционного газообмена в помещении), либо металлизированное (напылением или горячим прессованием) стекло, обладающее экранирующими свойствами. Металлизированное стекло горячего прессования имеет кроме экранирующих свойств повышенную механическую прочность и используется в особых случаях (например, для наблюдательных окон на атомных регенерационных установках). Для защиты от электромагнитного воздействия населения чаще всего применяется стекло, металлизированное напылением. Напылённая плёнка металлов (олово, медь, никель, серебро) и их оксидов обладает достаточной оптической прозрачностью и химической стойкостью. Нанесенная на одну сторону поверхности стекла, она ослабляет интенсивность излучения в диапазоне (0,8-150) см в 1000 раз. При нанесении плёнки на обе стороны стекла достигается 10-тысячекратное снижение интенсивности. Экранирование дверных проемов в основном достигается за счет использования дверей из проводящих материалов (стальные двери).

Для защиты населения от воздействия электромагнитных излучений могут применяться специальные строительные конструкции: металлическая сетка, металлический лист или любое другое проводящее покрытие, а также специально разработанные строительные материалы. В ряде случаев (защита помещений, расположенных относительно далеко от источников поля) достаточно использования заземленной металлической сетки, помещаемой под облицовку стен помещения или заделываемой в штукатурку. В сложных случаях (защита конструкций, имеющих модульную или не коробчатую структуру) могут применяться также различные пленки и ткани с электропроводящим покрытием. Из специальных экранирующих материалов в настоящее время получили широкое распространение металлизированные ткани на основе синтетических волокон. Экранирующие текстильные материалы обладают малой толщиной, легкостью, гибкостью, хорошо закрепляются смолами и синтетическими клеящими составами.

Учитывая выше сказанное защитой от воздействия излучения может служить экранирование.

***9.Экономическая часть***

Целью данного раздела является оценка стоимости разработки устройства и его производства, амортизационных и прочих затрат.

Важным фактором при проведении научно-исследовательских работ (НИР) является правильное распределение работ по сложности среди сотрудников. Необходимо определить перечень основных работ, выполняемых на стадии НИР. Примерный список таких работ приведен в таблице 1.

*Таблица 1*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Этапы и виды работ | Трудоемкость, чел/дн | Исполнители | Численность, человек | Длительность работ, дней |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Техническое задание (ТЗ) |
| 1.1 Составление ТЗ  | 10 | инженер | 1 | 10 |
| 1.2 Обзор аналогов, проверка на патентную чистоту | 10 | инженер | 1 | 10 |
| 2.Техническое предложение |
| 2.1 Анализ структурной функциональной и электрической схем прибора | 5 | инженер | 1 | 5 |
| 2.2 Выбор и обоснование элементной базы | 15 | инженер | 1 | 15 |
| 3. Эскизное проектирование |
| 3.1 Анализ эксплуатационных требований к изделию | 5 | инженер | 1 | 5 |
| 3.2 Внешнее конструирование | 5 | инженер | 1 | 5 |
| 3.3 Выбор типа электрического монтажа | 5 | инженер | 1 | 5 |
| 3.4 Описание выбранного варианта компоновки изделия | 5 | инженер | 1 | 5 |
| 4. Технический проект |
| 4.1 Выбор элементов крепления и фиксации | 5 | инженер | 1 | 5 |
| 4.2 Анализ типов электрических соединений | 5 | инженер | 1 | 5 |
| 4.3 Утверждение результатов технического проекта | 5 | Старший научный сотрудник | 1 | 5 |
| Итого: | 75 | - | 5 | 15(при участии 5 человек) |

Исходя из таблицы 1 следует, что на работу уйдёт 15 дней при участии 5 человек.

**Определение затрат.**

Для расчета затрат на проектирование изделия необходимо составить смету затрат, которая включает в себя следующие статьи:

* Материалы и комплектующие;
* Электроэнергия;
* Заработная плата;
* Отчисления от заработной платы;
* Амортизация основных средств;
* Накладные расходы.

**Материалы и комплектующие**

Затраты на материалы и принадлежности, необходимые для проведения научно-исследовательских работ: магнитные носители, бумагу, красящие ленты и другие. Затраты определяются по действующим отпускным ценам, путем перемножения количества материалов и цены за единицу.

 (1)

Где:

*Ki* – количество i-ого материала, ед.;

Ц*i* – стоимость единицы i-ого материала;

*n* – количество разновидностей материалов.

Для определения затрат по материалам и комплектующим принимаем сумму равную 30 тыс. рублей.

**Электроэнергия**

Затраты на электроэнергию, которые находятся исходя из продолжительности периода разработки изделия, количества кВт/ч, затраченных на его проектирование и тарифа за 1 кВт/ч по следующей формуле:

 (2)

Где:

Кэ- стоимость 1 кВт/ч, руб. ;

Тэ - количество затраченных на проектирование кВт/ч .

**Заработная плата.**

Заработная плата делиться на *основную* и *дополнительную* (премии).

Оклад инженера 35 тыс.рублей

Оклад старшего научного сотрудника 50 тыс.рублей.

При успешном выполнении плана выплачивает премия в размере 10% от оклада.

*Отчисления от заработной платы*:

22% – отчисления в ПФР, страховая и накопительная части

 0,2% – отчисления в ФСС по травматизму

 2,9% – отчисления в ФСС по временной нетрудоспособности и в связи с материнством

 5,1% – отчисления в ФФОМС

Итого: отчисления составляют 30,2% от заработной платы работника.

**Амортизация основных средств.**

Амортизация основных средств:учитывает возмещение износа использованных в процессе проектирования средств труда. К основным средствам на данном этапе относится используемые электронные вычислительные машины, прибор X1-42 и многофункциональные устройства.

Для расчета амортизационных отчислений будем использовать линейный способ (в зависимости от полезного срока использования, т.е. пропорционально), который заключается в равномерной начислении амортизации. При этом способе амортизация начисляется исходя из годовой нормы амортизации.

Основные средства:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование основных средств | Количество, ед. | Первоначальная стоимость, руб. |
| Компьютер | 5 | 150000 |
| МФУ | 1 | 10000 |
| Прибор Х1-42 | 1 | 55000 |
| Всего | 7 | 215000 |

Количество - количество основных средств используемых на стадии разработки изделия;

Первоначальная стоимость - стоимость покупки оборудования;

 *Годовая норма амортизации* - это установленный размер амортизационных отчислений на полное восстановление, выраженное в %. Рассчитывается данный показатель как:

 (3)

На - норма амортизации;

Тн - нормативный срок службы, в годах (3 года).

*Ha≈33%*

Годовые амортизационные отчисления на единицу - сумма амортизационных отчислений в год находится как:

 (4)

ПС – первоначальная стоимость основных средств.

АОпк = 150000∙33/100=49500

АОмфу= 10000∙33/100=3300

АОХ1=55000∙33/100=18150

АО*г*= АОпк+ АОмфу+ АОХ1=70950

Амортизационные отчисления на период проведения - сумма амортизации, начисленная за период проектирования изделия, находится как:

 (5)

- эффективный фонд рабочего времени (находится как календарный фонд времени за вычетом выходных и праздничных дней, а также простоев)

*Д* – количество дней, затраченных на разработку изделия.

*Накладные расходы не учитываем.*

*Расчет плановой себестоимости проектировки изделия указан в таблице 2.*

*Таблица 2*

|  |  |
| --- | --- |
| Статья затрат | Затраты, руб. |
| 1. Материалы и комплектующие | 30000 |
| 2. Электроэнергия | 1560 |
| 3. Основную заработную плату | 225000 |
| 4.Дополнительную заработную плату(премии) | 22500 |
| 5. Отчисления из заработной платы | 74745 |
| 6. Амортизация основных средств на период проведения работ | 4207 |
| 7. Накладные расходы | - |
| Итого: полная себестоимость | 358012 |

***Заключение.***

В представленной работе был проведён теоретический и практический анализ характеристик связанных замедляющих систем (на примере связанных цилиндрических спиралей).

Теоретический анализ показал, что разработка электрода для УВЧ- физиотерапии на связанных цилиндрических спиралях с рабочей частотой 40 МГц (наружный диаметр электрода 23мм) наиболее эффективно должна производиться при противофазном подключении спиралей и противоположном направлении намотки спиралей.

Экспериментальный анализ подтвердил теоретический и мы получили следующие геометрические параметры:

*диаметр наружной спирали — 23мм*

*диаметр внутренней спирали* - *15,5мм*

*шаг спирали — 16мм*

Осталось добавить, что погрешность между теоретическими и экспериментальными результатами в равных случаях составили от 4% до 6%, что находится в пределах нормы.

В соответствии с технических заданием выбрана конструкция электрода для УВЧ-физиотерапии на связанных цилиндрических спиралях, с рабочей частотой 40МГц.

Оценены возможные опасные и вредные производственные факторы, учтена охрана труда при реализации проекта.

В экологической части определено влияние СВЧ электрода на население.

В экономической части рассчитана примерная стоимость проекта.

Список литературы.

1. Лебедева И.А., Техника и приборы СВЧ. Т.1. М.: Изд-во «высшая школа», 1970.
2. Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков A.C., Радиоволновые измерения параметров технологических процессов.

М.: Изд-во «Энергоатомиздат», 1989.

1. Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков A.C., Высокочастотный метод измерения неэлектрических величин.

М.: Изд-во «Наука», 1978

1. Вайнштейн Л.А., Электромагнитные волны. М.: Изд-во «Радио и связь», 1988
2. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Изд-во «Наука», 1978
3. Силин P.A., Сазонов В.П. Замедляющие системы. М.: Изд-во «Советское радио», 1966
4. Пчельников Ю.Н., Уваров И.А., Рябцев С.И. Прибор для измерения сплошности потока жидкости. //

Измерительная техника. - 1979. - №5 С.40-41

1. Пчельников Ю.Н., Анненков В.В., Елизаров A.A., Фадеев A.B.

Применение замедляющих систем для экологического контроля промышленных стоков. // Измерительная

техника - 1994. - №6. - С.57- 60.

1. Двинских В.А. Измерение параметров усилителей с применением режима самовозбуждения.

М.: Изд-во «Советское радио», 1965

1. Двинских В.А. Основы теории автогенераторов измерительных схем. Изд-во Саратовского университета, 1975
2. Двинских В.А. Автогенераторный принцип построения аппаратуры. Изд-во Саратовского университета, 1978
3. Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.П. Основы теории колебаний.

М.: Изд-во «Наука», 1978

1. Крылов А., Юрченкова Т.В. Защита от электромагнитного излучения.
2. Полтев М.К., Охрана труда в машиностроении. М.: Изд-во «Высшая школа», 1980
3. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. М.: «Высшая школа», 1986.
4. СанПиН 2.2.4.1191-03., М., 2003
5. ГОСТ 12.1.003-83
6. Сибаров Ю.Г., Сколотнев H.H., Васин В.К., Нагинаев В.К. Охрана труда в вычислительных центрах. М.: Машиностроение, 1990.
7. ***Дидюлина О.С.,*** Методические указания, Новополоцк 2011 г.