**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение

1. Анализ современных способов и устройств для лечебного и терапевтического воздействия акустическими колебаниями

2. Анализ технического задания и выбор направления проектирования

3. Разработка электрической схемы устройства

3.1 Разработка стуктурной схемы

3.2 Расчет питающего трансформатора

3.3 Расчет задающего генератора и таймера

3.4 Расчет ГУНа

3.5 Расчет усилителя мощности

4. Выбор функциональных элементов и материалов конструкции

4.1 Выбор функциональных элементов

4.2 Выбор материалов конструкции

5. Обоснование конструкторского исполнения, расчет компоновочных характеристик

5.1 Обоснование конструкторского исполнения

5.2 Расчет компоновочных характеристик

6. Расчет показателей надежности и восстанавливаемости

7. Разработка печатной платы с использованием САПР

7.1 Разработка печатной платы

7.1 Создание и редактирование ПП с помощью применяемого пакета САПР

8. Анализ технологичности конструкции устройства

9. Разработка технологического процесса сборки устройства

10. Технико-экономическое обоснование

11. Охрана труда и экологическая безопасность

Заключение

Список использованных источников

**ВВЕДЕНИЕ**

Современные тенденции в развитии приборов и аппаратов для научных и клинических исследований базируются как на фундаментальных знаниях биологической и медицинской науки, так и на широком использовании достижений физики, химии, информационной техники, микроэлектронной технологии, новых материалов. Научные основы медицинского приборостроения охватывают обширный комплекс междисциплинарных знаний и методов от микро-нано-механики до рекордно тонких аналитических методов, средств восприятия и компьютерной математической обработки биологических сигналов на предельном энергетическом уровне.

Тенденции развития медицинского приборостроения наиболее полно проявляются в следующих группах приборов и аппаратов, обеспечивающих реализацию наиболее эффективных лечебных и диагностических медицинских методик с использованием современных достижений в различных областях технических наук и технологий:

- системы и аппаратура топической диагностики;

- автоматизированные системы и приборы функциональной диагностики и многопараметрического мониторинга;

- технические средства жизнеобеспечения организма и замещения

внутренних органов, хирургическая аппаратура;

- аппараты и комплексы для терапии;

- приборы и системы лабораторной диагностики.

Обширную группу составляют аппараты и комплексы для терапии. Различают следующие виды терапии: УЗ; СВЧ; УВЧ; индуктотермия; магнитотерапия; СМВ- и ДМВ-терапия; электроаэрозольтерапия; фототерапия ( лечение светом ); аэроионотерапия .

Ультразвуковую терапию стали применять с 1938 года. А сегодня ультразвук с успехом применяется в ряде областей медицины, и в первую очередь - для лечебных целей в физиотерапии. Высокая физиологическая активность ультразвука, проявляющаяся в его заметном влиянии на обмен веществ, регуляторные функции организма, функциональное состояние различных органов и систем, послужила основанием к его широкому лечебному использованию.

Терапевтическое действие ультразвука зависит от правильного подбора следующих параметров: интенсивности, места, площади воздействия, продолжительности, методических приемов проведения процедуры (лабильного или стабильного, контактного или через воду), режима работы (непрерывного или импульсного). Поэтому необходимы устройства, позволяющие обеспечивать оптимальные значения этих параметров.

Устройства ультразвуковой терапии должны быть портативными, пригодными для лабораторных и домашних условий работы, просты и безопасны в обращении.

В данном дипломном проекте будет разработано физиотерапевтическое устройство на основе применения упругих волн, предназначенное для уменьшения ревматических болей, болей в суставах, позвоночнике, при мигрени и других ощущениях; а также для профилактики и лечения таких заболеваний как простатит, трофическая язва, переломы, отеки ушибов, гайморит, бессонница и некоторых других.

1. Анализ современных способов и устройств для лечебного и терапевтического воздействия акустическими колебаниями

С конца 40-х годов ультразвук стал интенсивно использоваться в лечебной практике. Однако вскоре стали поступать сведения о некоторых осложнениях, связанных, как выяснилось, с передозировкой высокочастотного ультразвукового влияния. Нарушения были отмечены со стороны центральной нервной системы, сердечной деятельности и других функций организма. Это обусловило необходимость более глубокого изучения ультразвука во всех аспектах - биологическом, терапевтическом, физико-химическом и других [1].

Звуковые волны принято разделять на следующие диапазоны: 1) инфразвук - до 16 Гц; 2) слышимый звук - 16-20000 Гц; 3) ультразвук - 20 кГц - 1000 МГц; 4) гиперзвук - выше 109 Гц. В физиотерапии обычно применяются ультразвуковые волны частотой 0,8-3 МГц. Большинство серийных ультразвуковых терапевтических аппаратов работают на одной из фиксированных частот этого диапазона, чаще всего - на 0,88 МГц.

Важными физическими характеристиками звуковых колебаний является амплитуда волны, колебательная скорость. Для характеристики затухающих колебаний используются коэффициент затухания, логарифмический декремент и добротность.

Свойство среды проводить акустическую энергию, в том числе и ультразвуковую, характеризуется акустическим сопротивлением. Акустическое сопротивление тканей выражается отношением звукового давления к объемной скорости ультразвуковых волн [2].

Механизм терапевтического действия ультразвука сложен и многогранен. Он складывается из местных и общих, нейро-рефлекторных и нейрогуморальных реакций, которые проявляются фазно и отличаются длительным последействием. При адекватно подобранных дозировках ультразвук оказывает болеутоляющее, рассасывающее, противовоспалительное, спазмолитическое, фибролитическое действие. Он ускоряет регенеративные и репаративные процессы, активирует крово- и лимфообращение. нормализует процессы обмена, улучшает функциональное состояние нервной и эндокринной систем. Из перечисленного видно, что диапазон влияний ультразвука на организм широк и это определяет возможность использования его для лечения многих заболеваний [3].

Терапевтическое действие ультразвука зависит от правильного подбора следующих параметров: интенсивности, места, площади воздействия, продолжительности, методических приемов проведения процедуры (лабильного или стабильного, контактного или через воду), режима работы (непрерывного или импульсного).

1. В современной физиотерапии утвердилось деление интенсивностей ультразвука на малые (0,05—0.04 Вт/см2), средние (0,6—0,8 Вт/см2) и большие (1,0—1,2 Вт/см2).

Величина интенсивности тесно связана с общей выходной мощностью энергии ультразвука, и этот показатель должен особо учитываться при работе с аппаратами, имеющими большую площадь ультразвукового излучателя (10см2).

Интенсивность ультразвука должна определяться с учетом локализации воздействия. Наименьшие интенсивности используют при воздействиях в области головы, местах скопления симпатических образований (симпатические ганглии, шейный вегетативно-сосудистый пучок и др.). Имеют значение возраст, выраженность подкожного жирового слоя. При лечении детей (в возрасте не менее 2 лет) и людей старшего возраста предпочтительнее использовать ультразвук малой интенсивности.

При необходимости использовать преимущественно разволокняющее влияние ультразвука, особенно при локализации процессов в области конечностей, можно применять интенсивность более высокую 0,8—1 Вт/см2 (контрактура Дюпюитрена, шпоры пяточных костей и др.).

2. Ультразвуковые воздействия проводят на ограниченные части тела (полями): местно - на очаг заболевания (при поражении суставов - обычно на один - два, реже три сустава, вокруг последнего, на фурункул и т. д.), на паравертебральные области (рефлекторно-сегментарные зоны), на зоны проекции - иррадиации боли (при радикулитах, невралгии), на область болевых точек (нейромиозит), на кожную проекцию пораженного органа при внутренней патологии (гастрит). Площадь воздействия (одно поле) в среднем не более 150—250 см2.

При сравнительно большой поверхности воздействия (например, на паравертебральную область и область распространения боли при радикулите) всю зону делят на отдельные поля. Паравертебральные воздействия (в виде продольных полос шириной 8—10 см) проводят на 2 - 3 участка: шейный, грудной, поясничный. Зону воздействия по ходу седалищного нерва делят на следующие участки: ягодица и крестцовая область, задняя поверхность бедра, голень, стопа. Соответственно намечают поля и при шейно-грудном радикулите. Единовременно, в течение одной процедуры, можно подвергать воздействию 4 - 6 полей.

Не следует применять ультразвук на область сердца, выступающие костные поверхности, ткани с тяжелыми нарушениями циркуляторных процессов (отечные).

3. Продолжительность воздействия ультразвуком на одно поле составляет 3 - 10 мин. Его определяют исходя из локализации и площади (количество полей) воздействия, принимая во внимание, что общая продолжительность процедуры не должна превышать 15 мин.

Процедуры можно назначать ежедневно или через день на курс лечения—6—8—10—12 процедур, реже—20. Повторять курс ультразвуковой терапии, целесообразно с промежутками не менее 3 мес.

4. Приемы проведения процедуры могут быть разными. Выбор их зависит от места воздействия (гладкая обширная поверхность спины, конечности или мелкие суставы пальцев руки, контрактура пальцев конечностей и др.) и некоторых клинических особенностей заболевания (гиперестезия, и др.).

Чаще используют контактный способ проведения процедуры, применяя лабильную методику. Ультразвуковой излучатель должен плотно прилегать к поверхности кожи, смазанной вазелиновым маслом, передвижение его совершается медленным круговым движением, скорость передвижения 1 см/с. Перемещение излучателя с одного поля на другое, когда требуется отрыв его от поверхности кожи, производится только при отключении интенсивности. Особенно нежелательно передвигать излучатель по коже, покрывающей подлежащие костные образования. Если контактный способ использовать нельзя (обычно при поражениях конечностей), следует прибегать к воздействию ультразвуком через воду. Для этого в фаянсовую или фарфоровую ванночку наливается вода температуры 30 - 32 0С, и в нее погружают конечность пациента и помещают ультразвуковой излучатель. Этот излучатель можно закрепить у одной из стенок ванночки, и тогда пациент сам делает вращательные движения конечностью перед излучателем или его перемещает вокруг фиксированной конечности медицинская сестра. Расстояние излучателя от поверхности кожи - 1 - 2 см.

В практике ультразвуковой терапии применяются специальные методики, в которых контактная среда (вода или масло) наливается в приспособления определенной формы (глазные ванночки, пластмассовые тубусы для методик ультрафонофореза).

5. Режим воздействия ультразвуком может быть непрерывный или импульсный. Импульсный режим ультразвуковых колебаний считается более щадящим (в нем заметно уменьшается значение теплового компонента) и используется преимущественно в лечении более острых стадий патологического процесса, при выраженности в клинической картине болезни вегетативно-сосудистого компонента, при наличии очагов хронической инфекции, мышечных атрофиях и др. Этот режим (длительность импульсов 2 или 4 мс) предпочтителен в методиках лечения детей, особенно младшего возраста.

Механизм терапевтического действия УЗ изображен на рисунке 1.1.

Терапевтический эффект от применения механической энергии ультразвуковых колебаний достигается двумя путями. Первый основан на непосредственном воздействии ультразвуковой волны, проходящей через биологическую ткань, и связан, помимо теплового эффекта, с интенсификацией метаболизма клетки за счет способствования осмотическим процессам в ее мембране, а также ускорения биологических реакций. Второй путь связан с химиотерапией и заключается в переводе жидких лекарственных препаратов в легко усваиваемое пациентом состояние аэрозоля под воздействием энергии ультразвуковых колебаний активного элемента. Т.е. эффект заключается в выходе параметров внутренней среды организма, органа, ткани или клетки из состояния физиологического равновесия .

Примерами реализации первого пути терапевтического воздействия являются аппараты серии УЗТ, второго – ультразвуковые ингаляторы. Воздействуют ультразвуком обычно методом контактного массажа через вазелиновое масло локально на очаг поражения, на соответствующие рефлексогенные зоны или по ходу болевого симптома направляется непосредственное ультразвуковое воздействие. При торпидных формах боли применяются непрерывные, при острых – импульсные режимы воздействия [4].

Важным свойством ультразвука является его неионизирующая способность, т.е. используемой энергии ультразвука недостаточно для отрыва электронов у атомов.

В медицине с лечебными целями применяется ультразвук небольшой интенсивности, но относительно высокой частоты (800-30000 Гц). Получение такого ультразвука базируется на обратном пьезоэлектрическом эффекте. Некоторые вещества (кварц, тибар и др.) способны под воздействием электрического тока изменять свои линейные размеры. При приложении к такому кристаллу переменного электрического поля он начинает периодически изменять свои размеры. В области непосредственно прилегающей к кристаллу возникают, то разряжение, то сжатие окружающей среды. Это приводит к возникновению ультразвука.



Рисунок 1.1- Механизм терапевтического действия ультразвука

Технические характеристики некоторых приборов для ультразвуковой терапии приведены в таблице 1.1 и 1.2.

В физиотерапевтической практике для ультразвуковой терапии используются в основном унифицированные ультразвуковые терапевтические аппараты трех серий:

1. УЗТ-1 (УЗТ-1-01; УЗТ-1-02; УЗТ-1-03) – аппараты работающие на частотах 880 кГц;
2. УЗТ-1 (УЗТ-3-01; УЗТ-3-02; УЗТ-3-03) –рабочая частота 2640 кГц;
3. УЗТ-13 или ‘Гамма’ (УЗТ-13-01; УЗТ-13-02) – генерируют ультразвук на двух частотах 880 и 2640 кГц.

Таблица 1.1

Техническая характеристика УЗ терапевтических аппаратов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Аппарат | Показатели | | | |
| Максимальная мощность, Вт | Частота ультразвука, кГц | Активная площадь  излучателя, см2 | Максимальная интенсивность ультразвука, Вт/см2 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| УТС- 1 (СССР) | 20 | 830 | 10 | 2 |
| УТП-1 (СССР) | 8 | 830 | 4 | 2 |
| УТП-3 (СССР) | 12 | 2950 | 4 | 3 |
| Ультразвук-Т5 (СССР) | 2 и 8 | 880 | 1 и 4 | 2 |
| ЛОР-3 (СССР) | 1,6 | 880 | 2 и 0,4 | 0,8 |
| Стержень-1 (СССР) | 1 | 880 | 2 | 0,5 |
| Импульсофон (ФРГ) | 15 | 1000 | 5 | 3 |
| Санофон (Италия) | 15 | 800 | 5 | 3 |
| Зоностат (ФРГ) | 12 | 870 | 4 | 3 |
| Ультратон Д-300 (ПНР) | 21 | 800,2400 | 7 и 2 | 3 |

Современные ультразвуковые аппараты, применяемые в медицине, состоят из генератора электрических колебаний ультравысокой частоты, ультразвуковой головки с пьезоэлементом, соединенным высоковольтным кабелем с колебательным контуром генератора, элементов управления и источника питания.

Отечественные аппараты питаются от сети переменного напряжения в 127 или 220 В. В них предусмотрена возможность работы в непрерывном и импульсном режимах [5]. В отечественных аппаратах частота следования импульса равна 50 Гц, а длительность периода (импульс+пауза) всегда составляет 20 мс. Форма импульса максимально приближена к прямоугольной (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2- Схематическое изображение ультразвуковых непрерывного (а) и импульсного сигналов со скважностью 2(б), 5(в) и 10(г)

Работу ультразвукового терапевтического аппарата можно представить в виде функциональной схемы приведенной на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3- Блок-схема ультразвукового терапевтического аппарата

Генератор высокочастотный создает немодулированные электрические колебания. Усиление мощности этих колебаний происходит в выходном усилителе. К выходному усилителю подключен излучатель ультразвука, в котором электрические колебания преобразуются в механические. Модулятор необходим для создания импульсного режима [6].

Терапевтические аппараты могут комплектоваться различным набором специализированных ультразвуковых излучателей (типа ИУТ) [2]. Излучатели под маркой ИУТ выпускаются трех форм: карандашеобразный, изогнутый и с боковой излучающей поверхностью.

Таблица 1.2

Основные технические данные аппаратов типа УЗТ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип аппарата | Частота колебаний, кГц | Излучатель | |
| Тип | Эффективная площадь, См2 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| УЗТ-101 | 880 | ИУТ-0,88-1-3 | 1 |
|  |  | ИУТ-0,88-4-4 | 4 |
| УЗТ-102 | 880 | ИУТ-0,88-1-3 | 1 |
|  |  | ИУТ-0,88-1-5 | 1 |
|  |  | ИУТ-0,88-1-6 | 1 |
|  |  | ИУТ-0,88-2-7 | 2 |
| УЗТ-103 | 880 | ИУТ-0,88-1-3 | 1 |
|  |  | ИУТ-0,88-1-5 | 1 |
|  |  | ИУТ-0,88-4-4 | 4 |
|  |  | ИУТ-0,88-4-8 | 4 |
| УЗТ-104 | 880 | ИУТ-0,88-0,5-10 | 0,5 |
|  |  | ИУТ-0,88-1-9 | 1 |
| УЗТ-31 | 2640 | ИУТ-2,64-2-2 | 2 |
|  |  | ИУТ-0,88-0,5-1 | 0,5 |

В таблице 1.3 приведены основные технические характеристики излучателей ИУТ.

Таблица 1.3

Технические характеристики излучателей ИУТ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип излучателя | Эффективная площадь  излучателя, см2 | Частота  преобразованных  колебаний, кГц | Интенсивность УЗ колебаний,  Вт/см2 | Подводимое  напряжение,В | Масса, г |
| ИУТ-0,88-0,5-10 | 0,5 | 880 | 5 | 110 | 200 |
| ИУТ-2,64-0,5-1 | 0,5 | 2640 | 5 | 20 | 200 |
| ИУТ-0,88-1-3 | 1 | 880 | 2,5 | 75 | 200 |
| ИУТ-0,88-1-5 | 1 | 880 | 2,5 | 75 | 200 |
| ИУТ-0,88-1-6 | 1 | 880 | 2,5 | 75 | 200 |
| ИУТ-0,88-1-9 | 1 | 880 | 2,5 | 75 | 50 |
| ИУТ-0,88-2-7 | 2 | 880 | 2,5 | 40 | 400 |
| ИУТ-2,64-2-2 | 2 | 2640 | 2,5 | 16 | 200 |
| ИУТ-0,88-4-4 | 4 | 880 | 1,25 | 30 | 400 |
| ИУТ-0,88-4-8 | 4 | 880 | 1,25 | 30 | 400 |

В последнее время в физиотерапии стали применять низкочастотный ультразвук. Воздействие проводят на двух частотах 22 и 44 кГц. Ультразвук указанных частот обладает высокой биологической активностью, обусловленной механическим, тепловым и физико-химическим действующим фактором.

Озвучивание низкочастотным ультразвуком повышает проницаемость клеточных мембран и гистогематических барьеров, устранению отеков и застойных явлений. Он стимулирует региональное кровообращение и микроциркуляцию, обладает иммуностимулирующим действием. Озвучивание низкочастотным ультразвуком способствует подавлению микробной флоры ран, ускоряет регенераторные процессы, усиливает активность антибиотиков и повышает проникновение лекарственных веществ в поврежденные ткани. Низкочастотному ультразвуку присуще обезболивающее, гемостатическое, спазмолитическое и противовоспалительное действие.

По сравнению с высокочастотным низкочастотные ультразвуковые колебания более глубоко проникает в ткани, обладает более выраженным бактерицидным, противоотечным, разрыхляющим и деполимеризующим действием, сильно изменяет сосудистую и эпителиальную проницаемость, проявляет большую форетическую активность, способен вызывать ковитацию и выраженный противовоспалительный эффект [7].

Для низкочастотной терапии серийно выпускаются аппараты типа ‘Барвинок’:

1) ‘Барвинок’ – Г УЗТН 22/44.02Г – предназначен для лечения гинекологических заболеваний;

2) ‘Барвинок’- У УЗТН 22/44.01У – рекомендуется для лечения заболеваний урологии.

Эти аппараты работают в повторно-кратковременном режиме с регулируемой амплитудой (2 и 5 мкм) вибрации. Каждый аппарат комплектуется двумя ультразвуковыми излучателями с набором специальных волноводов.

Аппарат ‘Ультразвук-Т5’ снабжен десяти ступенчатым клавишным регулятором мощности, что позволяет непосредственно без дополнительных измерений устанавливать необходимую дозу ультразвука для каждого больного. Возможность работы, как в непрерывном, так и в импульсном режиме позволяет выбрать в зависимости от индивидуальности пациента и характера заболевания наиболее эффективную процедуру. Процедурные часы встроенные в аппарат, автоматически выключает его по истечении заданного времени и выдают звуковые сигналы об окончании процедуры. К аппарату прилагается измеритель мощности для проверки калибровки регулятора мощности [8].

Ультразвуковой настольный терапевтический аппарат TUR US6-1 (ФРГ) по применению и назначению аналогичен терапевтическому аппарату ‘Ультразвук-Т5’. Он может работать в двух режимах: непрерывном и импульсном. За последние годы создан ряд новых медицинских ультразвуковых приборов и аппаратов. Среди них физиотерапевтический аппарат УЗТ-101 для лечения периферической нервной системы, опорно-двигательного аппарата и других заболеваний. Физиотерапевтический аппарат УЗТ-102 предназначен для лечения стоматологических заболеваний (парадонтоза, глассалгии, ортрозоартритов, височно-нижнечелюстных суставов, коллоидных и послеоперационных рубцов лица и шеи и т.д.). Аппарат ЛОР-3 предназначен для лечения хронических тонзиллитов, гайморитов, ринитов. ‘Стержень-1’ – для лечения урологических и проктологических заболеваний (простатитов, циститов и т.п.). ‘Байкал’ – для разрушения камней при мочекаменной болезни. Семейство ‘Гамма’ – для терапевтического воздействия.

Ультразвуковые аппараты выпускаются под маркой УЗТ с различным индексом:

-УЗТ-31 - для лечения гинекологических заболеваний;

-УЗТ-101 - для лечения нервных и внутренних болезней.

Из западных производителей УЗ терапевтической аппаратуры следует выделить Нидерланды и Германию. Голландская фирма “Энраф Нониус” благодаря своим аппаратам серии “Сонопульс” моделей 434, 463, 464 прочно завоевала мировой рынок. Все аппараты снабжены индикатором акустического контакта, имеют плавный регулятор интенсивности, цифровой таймер, допускают внешнюю или внутреннюю модуляцию [2].

В настоящее время в Германии выпускаются такие терапевтические приборы как - Sonotor 410, Stimutor 200, которые являются портативными. Эти модели обладают преимуществами как традиционного низкочастотного, так и среднечастотного терапевтического воздействия. Данные приборы работают в двух режимах: низкочастотная модуляция и волновая модуляция. Сочетание двух режимов обеспечивает двойной эффект - глубокое проникновение и приятные ощущения.

Биологический эффект при применении ультразвука проявляется, если интенсивность его выше 100 мВт/см2. Действие ультразвука в зависимости от интенсивности можно поделить на повреждающее, угнетающее, стимулирующее и фоновое [9].

Использование воздействия ультразвука малых интенсивностей на внутренние органы при патологических состояниях обусловлено нормализующим или стимулирующе-активизирующим влиянием на функциональное состояние внутренних органов, обмен веществ в них.

Положительный эффект от применения ультразвука получен при лечении таких заболеваний, как бронхиальная астма, хронические неспецифические заболевания легких, силикоз, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, гепатита, холецистита, дискинезия желчных путей, хронический колит, хронический пиелонефрит, панкреатит, простатит.

Широкое применение ультразвуковая терапия нашла в лечении кожных заболеваний, офтальмологии, оториноларингологии и стоматологии [11].

Методы лечения можно разделить на два основных типа: внеполостные, представляющие собой наружное воздействие на участке кожного покрова; внутриполостные, при которой излучатель вводится в полость органа и осуществляется непосредственное озвучивание его слизистой оболочки.

В настоящее время терапевтические аппараты имеют интенсивность в пределах 0,05-1,2 Вт/см2. Устройство ультразвукового терапевтического аппарата применяемого в акушерско-гинекологической практике УЗТ-31.Частота ультразвуковых колебаний 2,64 МГц. Интенсивность ультразвука меняется ступенчато: 0,05; 0,2; 0.5; 1.0 Вт/см2, предусмотрены импульсные режимы с длительностью импульсов 2,4 и 10 мс и частотой следования 50 Гц.

В ультразвуковой физиотерапии существует несколько методов лечебного воздействия. Наиболее широко в практике используется лабильная методика воздействия. При этом ультразвуковая головка перемещается со скоростью 1-2 см/с по предварительно смазанной контактной средой поверхности соответствующего отдела тела пациента. Стабильная методика ультразвуковой терапии применяется при лечении тканевых уплотнений и грубых поверхностей, рубцов.

Иногда применяется одновременно стабильная и лабильная методики. Обе эти методики относятся к непосредственному (прямому) воздействию на поверхность тела. Однако когда необходимо воздействовать ультразвуком на неровные поверхности тела – локтевой сустав, кисть стопу, методика прямого воздействия непригодна, поэтому используется субаквальное озвучивание ультразвуком. Для этого конечность помещают в ванну с дегазированной водой при температуре 28-32оС и озвучивают пораженный орган на расстоянии 1-2 см от поверхности кожи.

Импульсный режим ультразвуковой терапии применяется при лечении острых процессов, когда более важным является не тепловое воздействие, а усиление физико-химических сдвигов. При воздействии на мягкие ткани, области суставов, лечение внутренних, кожных, гинекологических заболеваний применяют непрерывный режим ультразвука [13].

Ультразвуком можно воздействовать непосредственно на кожную проекцию органа или сам патологический очаг (прямое озвучивание). Если воздействуют на соответствующий сегмент спинного мозга или рефлексную зону, то такое озвучивание ультразвуком называют косвенным. Иногда прямое и косвенное озвучивание комбинируют.

Противопоказанными к применению ультразвуковой энергии и лекарственного фонофореза при заболеваниях нервной системы с лечебной целью являются: острые инфекции, выраженные эндокринные нарушения, гипертоническая болезнь 2 и 3 стадий, ИБС со стенокардией, частыми приступами, сахарный диабет, злокачественные новообразования, а также беременность. Применительно к заболеваниям центральной нервной системы они распространяются на все формы острых нарушений церебрального кровообращения, нейроонкологические и паразитные заболевания головного мозга, острые нейроинфенкции, склероз и другие.

На основе анализа литературных источников и патентных исследований определен прототип [17] аппарата, который содержит частотно-модулированный генератор. Этот прототип используется как основа для дальнейшего проектирования. В проектируемом устройстве предполагается включить электронный таймер с помощью которого будет задаваться время процедуры. Преимуществами разрабатываемого устройства при проведении физиотерапевтических процедур, по сравнению с существующими приборами, будут схематическая простота при широких функциональных возможностях (генерация сигнала постоянной частоты, частотная модуляция выходного сигнала, частотно-импульсная модуляция), возможность плавной регулировки частоты, малые габаритные массы. Патентная справка представлена в приложении А данного дипломного проекта.

**2. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Анализ современных устройств для лечебного и терапевтического воздействия акустических колебаний показал, что в их состав должны входить следующие блоки: высокочастотный генератор, модулятор, усилитель мощности, блок питания и излучатель. В тоже время проектируемый прибор должен удовлетворять следующим техническим данным:

- диапазон частот акустических колебаний, Гц 20000-66000;

- интенсивность излучения, Вт/см2 0.5-1.2;

- питание, В 220±10%;

- масса, кг 1.5;

- габаритные размеры, мм 180×120×70;

- условия эксплуатации по классу II группа BF по ГОСТ Р 50267.0-92;

- время наработки на отказ, часов 10000;

- коэффициент готовности 0.95.

Исходя из этих требований в состав данного устройства необходимо ввести таймер для дозирования ультразвуковой энергии по времени, блок индикации для визуального контроля частоты и интенсивности колебаний, генератор управляемый напряжением для модуляции и переключатели работ.

Диапазон частот, которые выдает генератор, должен делиться на два поддиапазона: 1. 20-40 кГц, 2.40-66 кГц. Коммутация должна осуществляться переключателем. Кроме этого в каждом из диапазонов должен быть импульсный режим, т.е. частота должна плавно возрастать, затем резко падать и потом опять плавно возрастать, но уже до более высокой частоты и т.д. Для обеспечения таких параметров необходимо использовать схему, функциональная и принципиальная схемы которой приведена в приложении.

Проектируемый прибор должен быть выполнен в портативном исполнении и его масса не должна превышать 1,5 кг. Для получения необходимой мощности на выходе необходимо использовать усилитель мощности и повышающий трансформатор. Трансформатор будет иметь торроидальный сердечник для уменьшения габаритов, массы и снижения потерь.

Выбор рационального конструкторского исполнения конкретной аппаратуры зависит от решения множества вопросов, связанных с поиском оптимального варианта конструктивно-технологического обеспечения комплекса технических, экономических, эксплуатационных, производственных и организационных требований. Поиск оптимального конкретного конструктивно-технологического варианта должен проводиться при минимальных затратах и с учетом современных тенденций развития радиоэлектронной аппаратуры, прежде всего элементной базы и техники монтажа. В соответствии с техническим заданием рассмотрим вопросы общей компоновки, компоновочной совместимости принятой элементной базы и межсоединений, проектирование всех конструктивных элементов изделий с учетом автоматизации процессов проектирования; обеспечение защиты изделия от дестабилизирующих факторов окружающей среды; обеспечение технологичности, удобства эксплуатации и ремонта.

В качестве корпуса будем использовать корпус из алюминиевого сплава АМц. Корпус будет состоять из крышки, лицевой панели и задней панели. Лицевая панель будет выполнена из ударопрочного полистирола. Такой корпус прост, надежен и удобен для быстрого ремонта устройства. Он соответствует условиям эксплуатации по классу II группы BF по ГОСТ Р 50267.0-92.

Разрабатываемое устройство является переносным прибором, к которому с помощью кабеля будут подключаться сменные излучатели. Для обеспечения виброзащиты используются амортизаторы.

Прибор предполагается использовать не только в лечебно-профилактических учреждениях, но и в домашних условиях. Поэтому при разработке прибора должна быть обеспечена электробезопасность. На корпусе необходимо установить сетевой выключатель и обязательно индикацию включения питающего напряжения.

Устройство должно быть просто в обращении. Поэтому на корпусе будут установлены переключатели: выключатель режима работы и переключатель диапазонов, регулировка частоты и времени воздействия на пациента.

Конструкция преобразователя электрических сигналов в механические колебания должна обеспечивать преобразование необходимого диапазона частот. Для этого будет использован пьезоэлектрический преобразователь.

Прибор должен быть надежен в эксплуатации и иметь время наработки на отказ не менее 10000 часов, время восстановления - 1,2 часа, коэффициент готовности - 0,95.

Необходимо, чтобы прибор был технологичен в изготовлении в условиях мелкосерийного производства с программой выпуска до 1000шт/год. Комплексный показатель технологичности должен быть не менее 0,65. Для достижения нормативных данных по технологичности необходимо выполнить ряд мероприятий конструктивного и технологического направления. Во-первых, применить большее число унифицированных сборочных единиц, деталей и элементов, во-вторых, широко использовать микросхемы, применить полу- и автоматическое оборудование для сборки и монтажа прибора.

**3. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА**

**3.1 Разработка структурной схемы**

Исходя из анализа современных устройств для лечебного и терапевтического воздействия была разработана структурная схема устройства, которая включает в себя следующие блоки: задающий генератор, электронный таймер реального времени, электронный ключ, дешифратор, формирователь импульсов, генератор управляемый напряжением (ГУН), усилитель мощности (УМ), счетчик, модулятор, блок индикации режима работы, излучатель, совместная работа которых должна обеспечивать технические данные в соответствии с техническим заданием (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1-Стуктурная схема физиотерапевтического устройства

Задающий генератор собран на двух логических элементах “ИЛИ-НЕ” микросхемы К561ЛЕ5. Ее реализация обеспечивается последовательным соединением МДП-транзисторов с каналом р-типа и параллельным соединением МДП-транзисторов с каналом n-типа. С его выхода сигнал в форме меандра (рисунок 3.2,а) поступает через электронный ключ на счетчик К561Е16. Сброс счетчика в нуль осуществляется импульсом положительной полярности длительностью не менее 500 нс по входу R. Содержимое счетчика увеличивается по отрицательному перепаду импульса по входу С. Максимальная частота входных импульсов при Uпит=12 В достигает 66 кГц.



Рисунок 3.2 – Эпюры рабочих сигналов устройства

После счетчика сигнал меньшей частоты (рисунок 3.2,б) поступает на формирователь импульсов, который из меандра формирует треугольные импульсы такой же частоты (рисунок 3.2, в). Изменяющееся напряжение с формирователя управляет частотой ГУНа (рисунок 3.2,г), выполненного на микросхеме CD4046. Усилитель мощности, собранный по двухтактной схеме с параллельным включением транзисторов КТ815Г передает сигнал с качающейся частотой в выходной контур и далее - на нагрузку. Время качания частоты задается длительностью импульса, поступающего со счетчика. Данный режим работы применяется обычно в медицинских физиотерапевтических устройствах и при построении исследовательских комплексов, в которых необходимо изменять частоту генерации во всем диапазоне с различной скоростью.

При втором режиме работы сигнал в форме меандра поступает через электронный ключ на усилитель мощности, а затем на излучатель. Электронный таймер КР1006ВИ1 (времязадающая схема) формирует импульсы напряжения длительностью от нескольких микросекунд до десятков минут. Он предназначен для использования в стабильных датчиках времени, генераторах импульсов, преобразователях напряжения и т.д. Таймер в данной схеме служит для дозирования ультразвуковой энергии по времени, а блок индикации - для визуального контроля частоты и интенсивности колебаний.

Конструкция преобразователя электрических сигналов в механические колебания должна обеспечивать преобразование необходимого диапазона частот. Для этого будет использован пьезоэлектрический преобразователь.

Блок питания состоит из понижающего трансформатора, выпрямителя, сглаживающих фильтров и стабилизатора напряжения. Микросхема КР142ЕН8А представляет собой стабилизатор напряжения с фиксированным выходным напряжением и защитой от перегрузок по току.

**3.2 Расчет питающего трансформатора**

Схема генератора, чтобы обеспечивать заданные параметры, должна питаться постоянным напряжением 12±0,5В. Поэтому, учитывая, что напряжение в сети может изменяться на 5%, и зная падение напряжения на выпрямителе, будем использовать трансформатор с напряжением вторичной обмотки ~15В. Трансформатор должен иметь малые габариты и небольшую массу. Он должен быть рассчитан на ток в нагрузке 0,25 А. Но таких, которые удовлетворяли бы вышеуказанным условиям, наша промышленность не выпускает. Исходя из этого, произведем расчет трансформатора по методике изложенной в [18].

1.Определяем напряжение и ЭДС обмоток по формуле:

Е1≈0,95U1,(3.1)

E1≈0.95\*220=209 В,

U2≈(U0+2)/1.1,(3.2)

U2≈(15+2)/1.1=15.5 B

где U1 и U2 – напряжение первичной и вторичной обмоток соответственно;

U0 – выходное напряжение.

2. Находим ток обмоток:

I2=1.8⋅I0,(3.3)

I2=1.8\*0.25=0.45A,

I1,2=1.8\*I0U2/U1, (3.4)

I1,2=1.8\*0.25\*15.5/220=0.032 A

где I1,2 и I2 - токи первичной и вторичной обмоток;

I0 – ток в нагрузке.

I1≈I2⋅N,(3.5)

N=U2/U1,(3.6)

N=15.5/220=0.07,

I1≈0.45⋅0.07=0.03 A

где N – коэффициент трансформации.

3. Определяем габаритную мощность трансформатора:

Pгаб=U1⋅I1=U2⋅I2,(3.7)

Pгаб=15,5⋅0,45=6,98 Вт.

4.Выберем магнитопровод. Выбор магнитопровода производится с помощью выражения:

QсQo = Pгаб⋅100/(2,22ƒВJηkckмs),(3.8)

где Qо - площадь окна магнитопровода, приходящаяся на обмотки стержня, см2;

η - коэффициент полезного действия трансформатора, η=0,82;

s – число стержней несущих обмотки;

kм – коэффициент заполнения окна медью обмотки, kм=0.23;

J – плотность тока в обмотках, А/мм2;

B – магнитная индукция в магнитопроводе, Тл;

ƒ - частота питающей сети;

kc – коэффициент заполнения магнитопровода сталью, kс=0.93;

Qс – полное сечение стержня магнитопровода, см2.

QсQo = 6,98⋅100/(2,22⋅50⋅1,2⋅6,2⋅0,82⋅0,93⋅0,23) = 2,47 см2.

По справочным таблицам выберем магнитопровод Ш10х10 имеющий QсQo=2,5см2; Qc=1см2; Qo=2,5см2; a=b=1см; h=2,5 см; c=1см; lc=8.6см; lм=7,1см; G=0.059 кг.

1. Подсчитаем число витков обмоток:

n1=E⋅104/(4.44ƒBQckc),(3.9)

n1=209⋅104/(4.44⋅50⋅1.2⋅1⋅0.93)=8436

n2=E2⋅n1/E1,(3.10)

n2=8436\*15.5/209=626

1. Находим диаметр провода:

d=1.13,(3.11)



d1=1.13=0.081,



d2=1.13=0.3



1. Определяем потери в стали:

Pc=pуд⋅G, Вт(3.12)

где pуд – удельные потери в стали, Вт/кг;

G – масса магнитопровода, G=0.059 кг

Pc=1.5⋅0.059=0.0885

1. Найдем потери в меди. Для этого определяем сопротивление обмоток:

r=2.2⋅10-4⋅lм⋅n/d2,(3.13)

где lм – средняя длина витков обмоток, см

r1=2.2⋅10-4⋅7.1⋅8436/0.062=3660.3 Ом,

r2=2.2⋅10-4⋅7.1⋅626/0.252=15.6 Ом,

тогда потери в меди Pм равны:

Pм=I12⋅r1+I22⋅r2,(3.14)

Pм=0.0322⋅3660.3+0.452⋅15.6=3.04 Вт

Охлаждающую поверхность броневого магнитопровода найдем по формуле:

Sc≈2[ac+(a+c)(2a+2b+h)],(3.15)

Sc≈2⋅[1⋅1+(1+1)(2⋅1+2⋅1+2.5)]=28 см2

Для оценки превышения температуры трансформатора определяют удельные охлаждающие поверхности стали sc и меди sм. Если полученные значения sc и sм не менее 20 см2, то превышение температуры можно считать допустимым (40-60?С).

1. Удельную поверхность охлаждения магнитопровода находим по формуле:

sc=Sc/Pc,(3.16)

sc=28/0.0885=316 см2/Вт >> 20 см2,

т.е. нагрев магнитопровода будет незначительным.

1. Найдим охлаждающую поверхность катушки:

Sм≈2[(2a+c)(2b+h)+2b(4b+3h)],(3.17)

Sм≈2[(2⋅1+1)(2⋅1+2.5)+2⋅1(4⋅1+3⋅2.5)]=64 см2

Удельная поверхность охлаждения обмотки:

sм=Sм/Pм,(3.18)

sм=64/3.04=21 см2 > 20 см2,

т.е. нагрев катушки будет ниже допустимого.

Таким образом, трансформатор будет иметь следующие габаритные размеры: 50x30x30 мм.

**3.3 Расчет задающего генератора и таймера**

Расчет задающего генератора проводится в следующей последовательности:

1. Находим частоту модуляции счетчика К561ИЕ16:

fo=1/Т,(3.19)

где Т-период качания частоты, сек.

fo=1/3=0,33 Гц

1. Частота задающего генератора определяется по формуле:

fг=fo⋅2n,(3.20)

где n – разряд счетчика.

fг=0,33⋅214=5,4 кГц

Эта частота является начальной для работы счетчика.

3. Затем находим сопротивление R1 для верхней рабочей частоты задающего генератора, при R2 равному нулю и зададимся С1 равному 540 пФ:

R1=(3.21)



R1=100 кОм

4. Определяем из формулы для fг R2 для нижней рабочей частоты задающего генератора:

fг=(3.22)



R2=4,8 кОм

Расчет электронного таймера проводится по следующей методике:

1. Время работы таймера:

τ=R⋅C(3.23)

Зададимся С4, равное 220 мкФ, при нижней границе срабатывания τ=1мин (R6=0).

R5= τ/C4= 5,1 кОм

1. Находим R6, при верхней границе срабатывания таймера τ=30 мин:

R6=(3.24)



R6= 100 кОм

**3.4 Расчет ГУНа**

Расчет ГУНа заключается в определении по специальным номограммам [19], приведенным на рисунке 3.3, частотные характеристики ГУНа: а) зависимость центральной частоты ГУНа f0 от R9 и C8; для частоты сдвига fсдв; зависимость пределов частот от отношения R11/R9.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| а) | б) | |
| в) | |

Рисунок 3.3 – Частотные характеристики ГУНа

Исходными данными являются: R9=R11= 100 кОм, С8=6800 пФ. Определяем по номограммам центральную частоту f0=40 кГц. Выбранную частоту следует сместить (сдвинуть) на величину Δfсдв=22 кГц, если вывод 12 микросхемы CD4046B и нулевой провод соединить через резистор R11.

При соотношении номиналов R11/R9=1 находим по номограмме (рисунок 3.3, в) отношение fmax/ fmin=3,3.

**3.5 Расчет усилителя мощности**

Порядок расчета усилителя мощности, собранного по двухтактной схеме с параллельным включением транзисторов, следующий [ ]:

1. Выбираем тип транзистора исходя из заданной мощности по условию:

Pkmax ≥ P1(3.25)

25 Вт ≥ 15 Вт

Наиболее подходящий, в нашем случае, транзистор КТ815Г.

1. Выбираем напряжение питания из условия:

Е=(0,5÷0,8) Uкдоп,(3.26)

Е= 12 В.

1. Рассчитываем эквивалентное сопротивление нагрузки:

R′э=,(3.27)



где rвн – сопротивление пьезоэлектрического преобразователя, равное 4,7 кОм.

R′э==21.4 кОм



1. Определяем амплитуду тока в цепи первичной обмотки трансформатора:

I1=(3.28)



I1=



1. Рассчитываем мощность, потребляемую каскадом:

P0=(3.29)



P0=18,3 Вт

1. Подсчитываем постоянную составляющую тока питания:

I0=(3.30)



I0=1.5

1. Определяем КПД:

η=(3.31)



η= 0.82

1. По заданной нагрузке рассчитываем входное сопротивление системы:

R′э=(3.32)



где Сэл – электрическая емкость преобразователя, равная 5 нФ;

ω0 – резонансная частота, равная 251200 рад/сек.

R′э=13,37 кОм

1. Определяем коэффициент трансформации выходного трансформатора:

n=(3.33)



n=0.83

Таким образом, были произведены расчеты основных параметров: трансформатора, который будет иметь следующие габаритные размеры 50x30x30 мм и коэффициент трансформации N=0,07; задающего генератора (частоту модуляции счетчика) и таймера; и электрические параметры усилительного выходного каскада. По номограммам были определены центральная частота ГУНа f0=40 кГц и fmax/ fmin=3,3.

**4. Выбор функциональных элементов и материалов конструкции**

**4.1 Выбор функциональных элементов**

Проанализировав требования технического задания по электрической принципиальной схеме физиотерапевтического устройства на основе применения упругих волн проведем анализ и выбор элементарной базы.

Так как к разрабатываемому устройству не предъявляется повышенных требований к диапазону рабочих температур и других дестабилизирующих факторов, то можно сделать вывод о применении в приборе дешевых электрорадиоэлементов, имеющих малые габариты и потребляемую мощность.

При разработке электрической принципиальной схемы использовались следующие виды радиоэлементов: микросхемы, транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы, трансформаторы. Электрорадиоэлементы должны быть совместимы по тепловым и энергетическим характеристикам.

Задающий генератор, счетчик, генератор управляемый напряжением и электронный таймер собраны на интегральных микросхемах .

Выбор типа микросхем проведем исходя из следующих соображений:

- соответствие параметров микросхемы электрической принципиальной схеме;

- интегральная микросхема должна иметь минимальный ток потребления;

- низкая себестоимость.

Электрические параметры выбранных микросхем приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Электрические параметры микросхем

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Серия и тип ИМС | Параметры ИМС | |
| Uпит, В | Iпот, мкА |
| 1 | 2 | 3 |
| К561ИЕ16  К561ЛЕ5  CD4046  КР1006ВИ1 | 16  14  16  15 | 2  2  3  2 |

Интегральная микросхема (стабилизатор напряжения), которую необходимо установить в блоке питания, должна обеспечивать необходимое выходное напряжение. Она должна быть рассчитана на мощность не менее 1 Вт. Микросхема КР142ЕН8А удовлетворяет вышеуказанным условиям. Ее параметры: Pрас=1.5 Вт; Uвых=12±0.27 В [20].

Транзисторы в двухтактном усилителе будем применять средней мощности типа КТ815Г [21]. Они имеют следующие параметры:

- коэффициент усиления h21Э=25-275;

- напряжение UКЭ max=40 В;

- ток коллектора IКmax=1000 мА;

- мощность PКmax=25 Вт.

Они достаточно миниатюрны и дешевы.

Выбор типа диодов проводим исходя из следующих соображений:

- диод должен быть высокочастотным или универсальным;

- должно соблюдаться соответствие электрических параметров диодов схеме электрической принципиальной;

- применение диода по возможности с минимальными типоразмерами.

Исходя из этих требований и величины потребляемой мощности выбираем диодный мост КЦ405Е.

Резисторы будем применять серии С2-23. Элементы этой серии имеют малый размер и недорогие по стоимости. Погрешность их должна быть не больше ±10%. Два переменных резистора возьмем серииСП4-1а. Они отличаются простотой использования и дешевой ценой.

Для коммутации сети в приборе используем переключатель типа ПКн-41-1-2П. Его выбор обусловлен простотой крепления, малыми размерами и такой конструктивной особенностью: включенное и выключенное состояние визуально различимы по высоте кнопки. Кнопки переключения режимов возьмем КМП8-4 НАЗ.604.006.

Так как устройство должно быть достаточно надежным и обеспечивать необходимый диапазон частот, то конденсаторы будем использовать типа КМ. Электролитический конденсатор типа К50-35 должен быть рассчитан на напряжение не менее 16 В. Также будут применены конденсаторы К10-17. Погрешность их должна быть не больше ±20%.

В физиотерапевтическом устройстве на основе применения упругих волн применен повышающий трансформатор. Работает он на частотах до 66000 Гц. В связи с этим в трансформаторе необходимо использовать торроидальный сердечник. Это уменьшит габариты изделия. Для намотки трансформатора необходимо взять провода ПЭВТЛ-1-0.1 и ПЭВТЛ-1-0.2 так как их параметры наиболее подходят для обеспечения необходимых характеристик трансформатора.

Для изготовления понижающего трансформатора будем использовать провод марки ПЭВ-2 с диаметром d1=0.063 и d2=0.25 мм. Каркас необходимого размера для обмоток понижающего трансформатора изготавливается из электротехнического картона необходимой толщины.

Устройство будет защищено от перегрузок двумя вставками плавкими ВП2Б-1В (на ток 1 А). Для их закрепления можно воспользоваться держателями плавких вставок ДВП4-1Т.

**4.2 Выбор материалов конструкции**

В качестве корпуса будем использовать корпус из алюминиевого сплава АМц. Корпус будет состоять из крышки, лицевой панели и задней панели. Лицевая панель будет выполнена из ударопрочного полистирола УПМ-0612 Л – 06 рец. 151, 1с ГОСТ 28250-89 белого цвета. Такой корпус прост, надежен и удобен для быстрого ремонта устройства.

Для большей устойчивости корпуса на рабочей поверхности необходимо применить резиновые ножки.

Шурупы для скручивания корпуса, прикручивания сетевого переключателя, переключателя диапазонов, переключателя режимов, крепления платы будем использовать с полукруглой головкой по ГОСТ 1144 – 80 диаметрами 2.5 и 4 мм.

Монтажные провода соединяющие плату и переключатели используем марки НВМ-0.35-4 ГОСТ 17515-22. Трубки изолирующие типа 305 ТВ-40-2 белая, 1с ГОСТ 19034-82.

Плата с элементами крепится к корпусу с помощью четырех втулок винтами М 3-6д×10.36.016.

Печатную плату необходимо изготовить из двустороннего фольгированного стеклотекстолита марки СФ2-35-1.5. Для обеспечения необходимой надежности, технологических показателей отверстия целесообразно сделать металлизированными. Плата изготавливается комбинированным позитивным методом с металлизацией отверстий.

Двусторонняя печатная плата выгодна тем, что уменьшаются габариты изделия. Для маркировки печатных плат и элементов на печатной плате выберем краску маркировочную МКЭЧ, черная, ГОСТ 12034-77. Данная краска механически прочная, эластичная, с хорошей адгезией.

Качество паяных соединений (прочность, герметичность, надежность и т.д.) зависят от правильного выбора припоя и флюса. Припой должен обладать хорошей смачивающей способностью, иметь температуру плавления не меньше 160°С, быть дешевым. Наиболее подходящим припоем для разрабатываемого прибора является ПОС-61.

При выборе флюса руководствовался следующими соображениями:

- должен обладать хорошей смачивающей способностью;

- химически не должен быть слишком активным;

- должен хорошо удаляться с поверхности платы;

- невысокая цена.

Для флюсования печатной платы физиотерапевтического устройства можно воспользоваться флюсом ФКТ, который хорошо очищает поверхность перед пайкой, не является коррозийно активным и легко удаляется после пайки.

При изготовлении трансформатора после намотки катушки и закрепления выводов на лепестках, катушку необходимо обмотать несколькими слоями хлопчатобумажной ленты для защиты от механических повреждений и для улучшения электрической изоляции. Для придания влагостойкости, монолитности, необходимой механической прочности, катушки после намотки необходимо пропитать лаком ЭД-6.

**5. обоснование конструкторского исполнения, расчет компоновочных характеристик**

1. **Обоснование конструкторского исполнения**

Выбор рационального конструкторского исполнения конкретной аппаратуры зависит от решения множества вопросов, связанных с поиском оптимального варианта конструктивно-технологического обеспечения комплекса технических, экономических, эксплуатационных, производственных и организационных требований. Поиск оптимального конкретного конструктивно-технологического варианта должен проводиться при минимальных затратах и с учетом современных тенденций развития радиоэлектронной аппаратуры, прежде всего элементной базы и техники монтажа.

Физиотерапевтическое устройство выполнено в корпусе, состоящем из крышки, лицевой панели и задней панели В качестве корпуса будем использовать корпус из алюминиевого сплава АМц.. Лицевая панель будет выполнена из ударопрочного полистирола УПМ-0612 Л – 06 рец. 151, 1с ГОСТ 28250-89 белого цвета. Такой корпус прост, надежен и удобен для быстрого ремонта устройства. Желательно, чтобы цвет корпуса был белым. Этот цвет оказывает положительное психологические воздействие на пациентов, что в некоторой степени помогает выздоровлению.

На передней панели размещены органы управления, элементы индикации и коаксиальный разъем типа СР-50-74 для выхода на преобразователь. К органам управления относятся: кнопка СЕТЬ, кнопка ПУСК ТАЙМЕРА, регуляторы частоты и длительности воздействия; кнопки переключения режимов работы и диапазонов частоты, интенсивности. К элементам индикации относятся светодиоды, которые говорят о работе прибора.

Плата с элементами крепится к корпусу с помощью четырех втулок винтами М 3-6д×10.36.016. Печатную плату необходимо изготовить из двустороннего фольгированного стеклотекстолита марки СФ2-35-1.5. Для обеспечения необходимой надежности, технологических показателей отверстия целесообразно сделать металлизированными. Плата изготавливается комбинированным позитивным методом с металлизацией отверстий.

Двусторонняя печатная плата выгодна тем, что уменьшаются габариты изделия. Для маркировки печатных плат и элементов на печатной плате выберем краску маркировочную МКЭЧ, черная, ГОСТ 12034-77. Данная краска механически прочная, эластичная, с хорошей адгезией.

Электрическая коммутация платы с органами управления, вынесенными на переднюю панель, осуществляется с помощью проводов, присоединенных методом пайки к контактным лепесткам на плате с одной стороны, а с другой стороны - к выводам переключателей переменных резисторов, закрепленных на передней панели.

Марка прибора УФМ-1 нанесена в правом верхнем углу на передней панели с помощью краски МКЭ, черная шрифтом 3-ПР3 ГОСТ 26.020-80.

На задней панели прибора расположены два держателя предохранителя, клемма заземления, маркировка. Для удобства пользования и для большей устойчивости корпус имеет четыре амортизатора, закрепленные винтами М 3-6д×10.36.016.

Шурупы для скручивания корпуса, прикручивания сетевого переключателя, переключателя диапазонов, переключателя режимов, крепления платы используются с полукруглой головкой по ГОСТ 1144 – 80 диаметрами 2.5 и 4 мм.

Проектируемый прибор выполнен в портативном исполнении и его масса не превышает 1,5 кг. Для получения необходимой мощности на выходе используется усилитель мощности и повышающий трансформатор. Трансформатор имеет торроидальный сердечник для уменьшения габаритов, массы и снижения потерь.

**5.2 Расчет компоновочных характеристик**

Компоновка - размещение в пространстве или на плоскости различных элементов РЭА - одна из важнейших задач при конструировании. Основная задача, решаемая при компоновке РЭА, - это выбор форм, основных геометрических размеров, ориентировочное определение веса и расположения в пространстве любых элементов или изделий радиоэлектронной аппаратуры.

Компоновка - сложный и ответственный процесс конструирования, так как размещение всех заданных элементов схемы в заданном объеме конструкции с установлением основных геометрических форм и размеров между ними с одновременным обеспечение нормальной работы схемы устройства в соответствии с техническим заданием по существу определяет в дальнейшем все этапы разработки. К основным этапам разработки компоновочных схем относятся: определение особенностей функциональных параметров электрической схемы устройства и выбор основной конструктивно-законченной единицы; выбор элементной базы и способа монтажа; отработка вопросов межсоединений, теплопередачи, прочности и жесткости конструкции.

На практике задача компоновки РЭА чаще всего решается при использовании готовых элементов (радиодеталей) с заданными формами, размерами и весом, которые должны быть расположены в пространстве или на плоскости с учетом электрических, магнитных, тепловых и других видов связей.

Компоновочные характеристики и документы способствуют лучшему взаимопониманию не только всех разработчиков данного изделия, но и заказчиков, которые могут субъективно сравнивать как подобные, так и разные по характеру системы.

Все элементы физиотерапевтического устройства размещены на печатной плате из стеклотекстолита СФ-2 толщиной 1...1,5 мм.

Методы компоновки элементов РЭА можно разбить на две группы: аналитические и модельные. К первым относятся численные и номографические, основой которых является представление геометрических параметров и операций с ними в виде чисел. Ко вторым относятся аппликационные, модельные, графические и натурные методы, основой которых является та или иная физическая модель элемента, например в виде геометрически подобного тела или обобщенной геометрической модели.

При аналитическом определении объемов замещающих фигур стремятся свести их количество к минимуму а размеры брать такими, чтобы сразу можно было получить значения установочного объема Vуст. Значение Vуст и подобных параметров элементов РЭА можно вычислить, пользуясь выражением:

m

КП=K Σ Ni, (5.1)

i=1

где КП - компоновочный параметр;

K - коэффициент пропорциональности;

m - количество компоновочных параметров Ni.

Для расчета объема, веса и потребляемой мощности выражение (5.1) можно представить так:

n m

V=1/kv(Σ Vоi+Σ Vai), (5.2)

i=1 i=1

n

G=Kg Σ Gi, (5.3)

i=1

G=G' V, (5.4)

n

Pпит=kp Σ Pпитi., (5.5)

i=1

Здесь V - общий объем изделия;

kv - обобщенный коэффициент заполнения объема изделия элементами (иногда используют обобщенный коэффициент увеличения объема Kv, больший единицы, так как Kv =1/kv);

Vоi и Vai - значения установочных объемов однотипных Vо и единичных Va i-х элементов;

G - масса аппарата;

Kg - обобщенный коэффициент объемной массы изделия;

G'- объемная масса аппарата;

kp - коэффициент, учитывающий потери Pпит.

Значения kv лежат в пределах от 0,2 до 1, Vуст - от долей см3 до сотен дм3, Kg - от 1,2 до 3, Gi - от долей грамма до нескольких килограмм, G'- от 0,4 до 1,6 г/см3, kp - от 1,1 до 1,2.

Исходными данными для расчета являются:

- количество элементов в блоке;

- количество наименований элементов;

- физическая площадь элементов блока;

- физический объем элементов блока;

- физический вес элементов блока;

- линейные размеры;

- значение объемной массы - 0,8;

- коэффициент заполнения - 0,7.

В данном проекте расчет компоновочных показателей проведен с помощью программы на ПЭВМ. Распечатки с результатами расчета приведены в приложении Б настоящего дипломного проекта.

Таблица 5.1

Полученные данные

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип | Объем, см3 | Площадь, см2 | Масса,г |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| К10-17 М1500-0,047 мкФ | 0,60 | 0,40 | 2,0 |
| К10-17 М47-0,068 мкФ | 0,60 | 0,40 | 2,0 |
| К50-35-25В-220мкФ | 12,0 | 4,0 | 15,0 |
| К50-35-50В-1000мкФ | 22,0 | 7,0 | 25,0 |
| К561ЛЕ5,ИЕ16 | 1,0 | 2,0 | 5,0 |
| КР1006ВИ1 | 2,0 | 4,0 | 8,0 |
| СD4046 | 8,0 | 10,0 | 18,0 |
| Трансформатор сетевой | 6,0 | 5,0 | 50,0 |
| Трансформатор выходной | 5,5 | 4,5 | 45,0 |
| С2-23-0,125-100кОм | 0,4 | 0,6 | 1,0 |
| С2-23-0,25-1,2кОм | 0,5 | 0,7 | 1,0 |
| Реле РЭС 60 | 2,0 | 1,5 | 7,0 |
| КЦ405Е | 2,0 | 4,0 | 3,0 |
| КТ315Б | 0,3 | 0,4 | 1,0 |
| КТ815Г | 1,0 | 0,5 | 4,0 |

Общий компоновочный объем платы V = 6.5940000000Е+01

Общая компоновочная площадь платы S = 3.8010000000Е+01

Общая компоновочная масса аппаратуры М = 1.4248000000Е+02

По результатам расчета можно сделать вывод: полученные данные расчета вполне удовлетворяют требованиям технического задания.

**6. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И ВОССТАНАВЛИВАЕМОСТИ**

Надежность является одним из свойств, которые определяют качество радиоэлектронного устройства. Надежность есть свойство системы сохранять величины выходных параметров в пределах установленных норм при заданных условиях (обеспечивать нормальную работу системы).

Под "заданными условиями" подразумеваются различные факторы, которые могут влиять на выходные параметры системы и выводить их за пределы установленных норм.

Для получения более или менее достоверных расчетных данных о надежности разрабатываемого изделия необходимо располагать аналитическими зависимостями, в наилучшей степени характеризующими взаимосвязи параметров элементов с выходными параметрами изделия, степенью влияния параметров элементов на выходные параметры изделия, т.е. "вес" каждого элемента в общей надежности изделия. Нужно знать поведение параметров элементов от действующих на них нагрузок, определяющихся режимом их использования и внешними воздействиями. Кроме того необходимо иметь сведения о вероятности появления возможных уровней режимов и внешних воздействий, а также степень взаимосвязей и взаимозависимостей элементов.

Поскольку элементы в общем случае могут находиться в рабочем режиме различное время, отличающееся от рабочего времени изделия, это также должно учитываться при расчете надежности.

Уточненный расчет показателей надежности выполняют на заключительных стадиях проектирования РЭУ, когда выбраны типы и типоразмеры элементов, спроектирована конструкция и имеются результаты расчета тепловых режимов, виброзащищенности и т.п.

Расчет выполняется при следующих допущениях:

а) отказы элементов случайны и независимы;

б) для элементов РЭУ справедлив экспоненциальный закон надежности;

в) принимаются во внимание только внезапные отказы, т.е. вероятность с точки зрения отсутствия постепенных отказов равна единице;

г) учитываются только элементы электрической схемы, а также монтажные соединения, если вид соединений заранее определен;

д) электрический режим и условия эксплуатации элементов учитываются более точно, чем при ориентировочном расчете, и, кроме того, принимаются во внимание конструктивные элементы устройства (шасси, корпус провода и т.п.).

Общими исходными данными для расчета этих надежностей являются:

- схема электрическая принципиальная устройства с перечнем элементов;

- значения коэффициентов нагрузки элементов, выбранные по таблицам для каждой группы элементов в зависимости от температуры окружающей среды;

- справочные значения интенсивностей отказов для групп элементов;

- время непрерывной работы устройства t=10000 ч;

- заданное время восстановления изделия tзад=1.2 ч;

- достаточное число отказов m=12.

Последовательность расчета:

1. Определяется коэффициент электрической нагрузки элементов РЭУ (КН) по следующей формуле:

КН=FРАБ/FНОМ ,(6.1)

где FРАБ - электрическая нагрузка элемента в рабочем режиме, т.е. нагрузка, которая имеет место на рассматриваемом схемном элементе;

FНОМ - номинальная или предельная по ТУ электрическая нагрузка элемента, выполняющего в конструкции функцию схемного элемента.

В качестве электрической нагрузки FНОМ необходимо использовать номинальные или предельные по ТУ электрические характеристики элементов, выбранные для проектируемой конструкции РЭУ. Электрические характеристики FРАБ следует брать из результатов электрического расчета принципиальной электрической схемы РЭУ или получать путем экспресс-анализа (ориентировочной оценки) электрических нагрузок схемных элементов.

1. Принимается решение о том, какие факторы, кроме коэффициента электрической нагрузки, будут учтены.

Используя результаты конструкторских расчетов, определяются значения параметров, описывающих учитываемые факторы, причем эти значение желательно иметь для каждого элемента.

1. Формируются группы однотипных элементов.

Признаком объединения элементов в одну группу в данном расчете является не только функциональное назначение элемента, но и примерное равенство коэффициентов электрической нагрузки и параметров, описывающих другие учитываемые эксплуатационные факторы.

Если для элементов одного и того же функционального назначения значения КН≤0,05...0,1, то такие элементы по коэффициенту электрической нагрузки допускается объединять в одну группу.

Под интенсивностью отказов понимают условную плотность времени до отказа изделия, определяемую при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.

Информация о значениях интенсивностей отказов представлена в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Значения интенсивностей отказов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование элемента (группы, вид, тип) | Количество элементов в j-й группе, nj | Интенсивность отказов для элементов j-й группы λj,х10-6 1/ч | Произведение λj х nj,х10-6 1/ч |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Полупроводниковые цифровые интегральные схемы | 4 | 2,25 | 9 |
| Полупроводниковые аналоговые интегральные схемы | 1 | 2 | 2 |
| Транзисторы кремниевые малой мощности | 1 | 0,75 | 0,75 |
| Транзисторы кремниевые средней и большой мощности | 3 | 1,5 | 4,5 |
| Блоки (мосты)выпрямительныегерманиевые | 1 | 1,1 | 1,1 |
| Светодиоды | 5 | 0,7 | 3,5 |
| Резисторы постоянные непроволочные | 17 | 0,03 | 0,51 |
| Резисторы переменные непроволочные | 2 | 0,11 | 0,22 |
| Конденсаторы керамические | 5 | 0,05 | 0,25 |
| Конденсаторы электролитические алюминиевые | 4 | 0,55 | 2,2 |
| Трансформатор сетевой | 1 | 0,8 | 0,8 |
| Трансформатор выходной | 1 | 0,9 | 0,9 |
| Переключатели малогабаритные | 4 | 0,6 | 2,4 |
| Тумблеры, кнопки | 2 | 0,4 | 0,8 |
| Реле электромагнитные миниатюрные | 1 | 1,2 | 1,2 |
| Вставка плавкая | 2 | 0,5 | 1 |
| Держатели предохранителя | 2 | 0,2 | 0,4 |
| Кабель сетевой | 1 | 2 | 2 |
| Кабели (шнуры) | 2 | 0,6 | 1,2 |
| Соединения пайкой, ток постоянный | 170 | 0,04 | 6,8 |
| Соединения пайкой, ток переменный | 50 | 0,1 | 5 |
| Плата печатного монтажа | 1 | 0,2 | 0,2 |
| Лепесток контактный | 20 | 0,2 | 4 |
| Вилка сетевая | 1 | 0,5 | 0,5 |
| Преобразователь пьезокерамический | 1 | 0,25 | 0,25 |
| Соединения винтами | 20 | 0,001 | 0,02 |
| ∑ |  |  | 51,5 |

1. Определяется суммарная интенсивность отказов элементов с учетом коэффициентов электрических нагрузок и условий их работы в составе устройства по следующим формулам:

m

λj(ν)=λ0j ∏ α(xi), (6.2)

i=1

k

λ∑(ν)=∑ njλj(ν),(6.3)

j=1

где λj(ν) - интенсивность отказов элементов j-й группы с учетом электрического режима и условий эксплуатации;

λ0j - справочное значение интенсивности отказов элементов j-й группы, j= 1, ..., k;

nj - количество элементов в j-й группе; j= 1, ..., k;

k - число сформированных групп однотипных эллементов; в предельном случае каждый элемент РЭУ может составлять отдельную группу;

α(xi) - поправочный коэффициент, учитывающий влияние фактора хi, i=1, ... , m;

m - количество принимаемых во внимание факторов.

В качестве факторов хi могут рассматриваться коэффициенты нагрузки Кн, температура и т.п.

Суммарная интенсивность отказов элементов равна:

λ∑=51,5х10-6 1/ч

После возникновения отказа работоспособность устройства восстанавливается путем ремонта (устранения неисправности). Затраты времени на восстановление отказа называются временем восстановления и складываются из времени поиска неисправности и времени замены неисправного элемента. Время восстановления является случайной величиной и распределено по экспоненциальному закону.

Расчет показателей надежности и восстанавливаемости проведены с помощью программных средств на ЭВМ. Распечатки с результатами расчета приведены в приложении В настоящего дипломного проекта.

В результате расчета для воздействия нормальной температуры окружающей среды были получены следующие параметры надежности:

Средняя наработка на отказ 348310,7 час.

Вероятность безотказной работы 0,972

Среднее время восстановления 1,26 час.

Вероятность восстановления 0,697

Коэффициент готовности 0,996

Вероятность норм. функционирования 0,972

Вероятность безотказной работы

с учетом восстановления 0,678

Таким образом, за 10000 часов работы в среднем 1000 устройств выйдет из строя только 38. Время восстановление вполне удовлетворительное (1,26 часа) для такого класса устройств. Полученные данные удовлетворяют требованиям ТЗ по надёжности.

**7. Разработка печатной платы с использованием САПР**

**7.1 Разработка печатной платы**

При разработке печатной платы будем учитывать следующие требования предъявляемые к печатным платам: проводящий рисунок должен быть четким, с ровными краями, без вздутий, отслоений, подтравливаний, разрывов, темных пятен, следов инструментов и остатков технологических материалов. Допускаются: отдельные местные протравы не более 5 точек на 1 дм2 при условии, что оставшаяся часть проводника соответствует минимально допустимой по чертежу. Риски глубиной не более 25 мкм и длиной до 6 мм; отслоение проводника в одном месте не длине не более 4 мм. Остатки металлизации на пробельных участках, не уменьшающие допустимых расстояний между элементами.

Для повышения коррозийной стойкости и улучшения паяемости на поверхность проводящего рисунка нанести электролитическое покрытие, которое должно быть сплошным, без разрывов, отслоений и подгаров. В отдельных случаях допускается: участки без покрытия площадью не более 0,2 мм2 на проводник, но не более 5 на плате; местные наросты высотой не более 0,2 мм; потемнение и неоднородность покрытия, не ухудшающие паяемость; отсутствие покрытия на торцах проводников.

Монтажные и фиксирующие отверстия должны быть расположены в соответствии с требованиями чертежа и иметь допустимые отклонения.

Разрывы контактных площадок не допускаются, т.к. это уменьшает адгезию к диэлектрику; уменьшается токонесущая способность проводника. Допускается частичное отклонение отдельных (2%) контактных площадок вне зоны проводников. Контактные площадки монтажных отверстий должны равномерно смачиваться припоем за время 3...5 с и выдерживать не менее трех перепаек без расслоения диэлектрика, вздутий и отслоений.

Физиотерапевтическое устройство на основе применения упругих волн имеет небольшие габаритные размеры. Для такого устройства необходимо изготовить плату с относительно малыми размерами.

Основные технические требования к печатной плате физиотерапевтического устройства в соответствии с ГОСТ 23752-86.

1. Габаритные размеры ПП не превышают установленных значений для малогабаритных плат - 150×100 мм.

K=Sэл/Sпп , (7.1)

где К- коэффициент заполнения;

Sэл - площадь занимаемых компонентов;

Sпп - площадь платы.

Sпп=10500/0.7=15000 мм

Размер печатной платы 150×100 мм.

2. Толщину ПП определяют в зависимости от механических нагрузок и технологических возможностей металлизации отверстий:

H>(2.5÷5)Dотв,(7.2)

H=2.5 1=2.5 мм

1. Толщина ПП выбирается из следующего ряда значений: 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0мм. Допустимые отклонения по толщине не должны превышать: при толщине до 1 мм - ±0.15 мм; до 2 мм - ±0.20 мм; до 3 мм - ±0.30 мм. Печатная плата, имеет прямоугольную форму с соотношением сторон - 1:2.
2. Максимальные диаметры отверстий, располагаемые в узлах координатной сетки, зависят от максимального диаметра навесного элемента (dвыв), наличия металлизации и толщины платы. Исходя из выполнения условий пайки:

Dотв=dвыв+(0.2÷0.4)мм, (7.3)

Допустим dотв=0.8 мм. Тогда

Dотв=0.8+0.2 =1 мм

5. Плотность монтажа определяется шириной проводников и расстоянием между ними. В соответствии с ГОСТ 23751-79 для печатной платы второго класса точности монтажа, минимальная ширина и зазоры между проводниками 0.25 мм на наружных слоях, 0.2 мм - на внутренних слоях плат, а ширина проводника 0,45 мм.

Трассировку рисунка схемы проводят по координатной сетке с шагом по ГОСТ 10317-77 1.25 мм. Трассировку проведем с помощью программы PCAD на ЭВМ.

6.Требуемое сечение проводников определяют в зависимости от материала проводника и величины тока.

Sn=h⋅t ≥(ρ⋅Ln⋅I)/Uраб**,** (7.4)

где ρ - удельное сопротивление проводника (для медной фольги 0,017\*10-6 Ом\*м);

Ln - длина проводника;

h -ширина проводника;

I - величина тока через проводник.

Возьмем длину проводника равной Ln=0.5 м, а ток I=0.015 A тогда

Sn ≥ 0.017\*10-6⋅0.5⋅0.015/ 9

7. Плотность тока в печатных проводниках наружных слоев плат не должна превышать 20 А/мм2.

8. Плотность сцепления печатных проводников с основанием не менее 15 МПа.

9. Допустимый уровень рабочего напряжения не превышает Uраб - до 12 В.

10. Контактные площадки должны смачиваться припоем за 3-5 секунд и выдерживать не менее 3-х перепаек. После изготовления плата покрывается сплавом ПОСВ33.

Плата содержит 224 отверстий, из них 220 металлизированы. Изготавливается комбинированным позитивным методом. Диаметры отверстий с металлизацией 1.0 мм. Диаметры контактных площадок- не менее 2.0 мм. Толщина металлизации отверстий 20 мкм.

Плату необходимо изготовить из стеклотекстолита СФ-2-35 толщиной проводящего слоя 1,50,2 мм. Это достаточная толщина для придания печатной плате необходимой прочности.

Так как плата имеет малые размеры при относительно большом количестве деталей, то ее нужно делать двусторонней. Такая плата будет обладать повышенной надежностью, что является очень важным в медицинских приборах.

Отверстия под крепежные детали и для крепления Т1 сделать диаметром 4 мм.

**7.2 Создание и редактирование ПП с помощью применяемого пакета сапр**

Проект в **САПР Р-CAD** представляется в двух видах: в виде схемы электрической принципиальной и в виде печатной платы. В соответствии с этим в **САПР Р-CAD** имеются два графических редактора:

1. схемный редактор, обеспечивающий создание принципиальной схемы:
2. технологический редактор, предназначенный для редактирование топологии печатной платы.

Основой проекта является библиотека радиоэлементов. Технологический редактор использует технологическую библиотеку, определяющую так называемые “посадочные места” радиоэлементов для их установки на печатную плату.

Библиотечные элементы содержат как графическое описание, так и упаковочную информацию. Упаковочная информация представляет собой текстовое описание контактов и взаимные ссылки на нумерацию контактов символах схемной библиотеки и посадочных местах технологической библиотеки.

Создание библиотечных элементов является очень ответственным этапом, поскольку ошибки, внесенные с библиотечными элементами обычно трудно исправляются, а проект, построенный на неправильно созданных библиотечных элементах, подобен зданию, построенному из “кривых” кирпичей.

Первым этапом работы в технологическом образе проекта является размещение радиоэлементов на плате. Данный этап выполняется либо в автоматическом, либо в полуавтоматизированном вариантах. На заготовке печатной платы, содержащей контуры печатной платы и области запрета для размещения, устанавливаются радиоэлементы, а качество размещения оценивается по интегральному критерию оценки, учитывающему общую длину электрических связей и плотность электрических связей на печатной плате.

Этап создания топологии печатных проводников платы выполняется посредством автоматической трассировки соединений и/или при помощи интерактивной (полуавтоматической) прокладки трасс, которая выполняется в процессе редактирования топологии печатной платы.

Этап подготовки производства печатной платы включает в себя электрический и технологический контроль печатной платы, а также возможные внесения исправлений в готовый проект со стороны печатной платы. В результате внесенные изменения должны быть учтены в проекте.

Пакет прикладных программ **P-CAD** версии 8.5 (Master Designer) содержит в своем составе два графических редактора **PC-CAPS** и **PC-CARDS**, программу для автоматической трассировки соединений печатной платы **PC-ROUTE** и программы-утилиты, выполняющие служебные функции [23].



Рисунок 7.1- Размещение на диске программ и рабочих проектов **САПР P-CAD 8.5**

Управляющая оболочка **PCAD\_EXE** предназначена для интегрированного управления программами в **САПР P-CAD 8.5**. Запуск управляющей оболочки осуществляется при помощи командного файла **pcad.bat**. В результате появится основной экран управляющей оболочки **САПР P-CAD 8.5**

Экран содержит список имен проектов (**Design**), для каждого из проектов приводятся списки принципиальных схем (**Schematic Sheet**) и печатных плат (**PCB Layout**)/

В верхней части экрана указаны заголовки пяти разделов: **Design Manager** -администратор системы, **Schematic Tools** - создание схемы электрической принципиальной, **PCB Tools** - проектирование топологии печатной платы, **Library Manager** - администратор библиотек и **Interfaces** - интерфейсы (связь) с другими программами и периферийным оборудованием.

Создание библиотеки радиоэлементов является первым шагом работы над новым проектом.

При создании библиотечных элементов надо пройти следующие этапы:

1. создание схемного (символьного) образа элементов;
2. создание посадочного места для радиоэлемента на печатной плате;
3. создание взаимосвязи между схемными и технологическими библиотечными элементами;
4. внесение библиотечных элементов в библиотеки;
5. создание контактных площадок.

Условные графические обозначения (УГО) создаются в **Library Manager**/**Symbol Editor**.

Командой **Environment**/**Change Units** устанавливаем требуемую систему единиц. Командой **View Layer** устанавливаем необходимые слои в активном состоянии. Командой **Draw** рисуются контура элементов на слое **GATE**. В виде текста на УГО наносится функциональное обозначение элементов - **Draw**/**Text**. Затем обозначаются выводы компонента, компонент упаковывается и сохраняется.

В **PCB Tools**/**PCB Editor** строится печатная плата, а создание корпусов компонентов осуществляется в **Library Manager**/**Part Editor**.

В начале создания корпусов осуществляется подготовительная операция (установка системы единиц, шага координатной сетки, слоев). Рисуется контур корпуса командой **Draw**, затем ввод точек расположения выводов, текстов обозначений. Устанавливаем точку привязки и вводим информацию об упаковки. Сохраняется с расширением .prt.

Затем размещаем корпуса на печатной плате в PCB Editor.

Следующим действием осуществляется трассировка. Автоматическая трассировка соединений печатных плат осуществляется при помощи программы **PC-ROUTE**.

Входными данными для программы является файл проекта, в котором задано размещение элементов внутри конструктива печатной платы и заданы связи между элементами. Таким файлом является файл **.PLC**.

Выходными данными **PC-ROUTE** являются файлы:

-файл проекта, дополненный графической информацией о проложенных трассах печатных проводников, имеющий расширение PCB,

-файл сообщений, содержащий протокол трассировки.

Перед трассировкой необходимо указать границы области трассировки, а также границы областей, запретных для прокладки трасс печатных проводников.

Автоматическая трассировка запускается из **PCB Tools\Autoroter** . Если требуется проверить или скорректировать стратегию трассировки то необходимо воспользоваться **EDIT ROUTING STRATEGY** .

Затем редактирование параметров описания контактных площадок в разделе **Pad Discription** , редактирование правил прокладки трасс . С помощью **Pad/Pad CLEARANCE** устанавливается расстояние между контактными площадками.

Когда все готово, **PCAD** может осуществить обмен данными с другими пакетами САПР.

Система прикладного компьютерного программирования **AutoCAD** предназначена для автоматизации чертежных работ. Она позволяет создавать любые чертежи, корректировать, компоновать [24].

Название от английского Automated Computer Aided Design - автоматизированное компьютерное проектирование.

Основными функциями графического редактора системы являются:

1. Создание новых чертежей и сохранение их на диск.
2. Редактирование существующих чертежей.
3. Вывод чертежей на плоттер, принтер.
4. Преобразование чертежей, созданных предыдущими версиями редактора.
5. Восстановление испорченных чертежей.

Кроме этого **Autocad** имеет встроенный компелятор языка AutoLISP, который позволяет пользователю расширить возможности системы, а также средства разработки приложений на языке программирования SI.

Состав пакета меняется от версии к версии. В 12 версию включены следующие компоненты:

1. Executable/Support files - выполняемые файлы и файлы поддержки системы.
2. Bonus/Sample files - файлы примеров сложных чертежей, демонстрирующих черчение схемы.
3. Support Source files - файлы исходных текстов описания шрифтов поставляемых системой.
4. Iges Font files - файлы шрифтов с различными специальными знаками и символами.
5. Tutorial files - файлы простых чертежей, выполненных с помощью основных команд AutoCAD.
6. ADS files - файлы системы разработки приложения, которые представляют собой диалект универсального языка SI, используемого шире, чем встроенный язык системы AutoLISP.
7. SQ Extension files - программа поддержки базы данных dBASE, Paradox, Oracle.
8. AME files - расширение объемного конструирования, с помощью которого можно выполнять анализ трехмерных объектов.

Для работы AutoCAD 12 и выше необходимы с IBM ПК 386-486 и т.д., а также операционная система MS-DOS, PS-DOS 5.0 и выше.

Структура каталогов при минимальной конфигурации выглядит следующим образом:

**X:\ACAD**



В DRV хранятся драйверы устройств, в FONTS- хранятся шрифты, SUPPORT - хранятся файлы поддержки.

Главное меню состоит из следующих:

0 - возврат в графический редактор;

1 - показать текущую конфигурацию системы;

2 - разрешить детальную настройку устройств;

3 - настройка дисплея ( видеоадаптер );

4 - настройка дигитайзера ( мышь, цифровой планшет );

5 - настройка плоттера или принтера;

6 - настройка системной кансоли;

7 - настройка рабочих параметров.

В **AutoCAD** имеются чертежа-прототипы. Это некий шаблон чертежа , который копируется в создаваемый новый чертеж со значениями всех системных элементов. В системе координаты задаются условными единицами.

В **AutoCAD,** в отличии от многих графических редакторов, где рисунок сохраняют в виде растра , описывающего состояние каждого пиксела экрана, представляют чертеж и примитивы в виде векторов. Такое представление имеет важное преимущество , заключающееся в возможности масштабирования чертежа без искажения пропорции его элементов и с высокой точностью. Сам файл чертежа в таком формате занимает меньше места. Недостаток - сложность преобразования при сканировании чертежа.

**8. анализ технологичности конструкции устройства**

Проектирование технологического процесса сборки и монтажа радиоэлектронной аппаратуры начинается с тщательного изучения исходных данных (ТУ и технических требований, комплекта конструкторской документации, программы выпуска, условий запуска в производство). На данном этапе основным критерием, определяющим пригодность аппаратуры к промышленному выпуску, является технологичность конструкции.

Под технологичностью конструкции понимают совокупность ее свойств, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями конструкций изделий аналогичного назначения при обеспечении заданных показателей качества [25].

Оценка технологичности преследует цели:

1. определение соответствия показателей технологичности нормативным значениям;
2. выявление факторов, оказывающих наибольшее влияние на технологичность изделий;
3. установление значимости этих факторов и степени их влияния на трудоемкость изготовления и технологическую себестоимость изделия.

Для оценки технологичности конструкции используются многочисленные показатели, которые делятся на качественные и количественные. К качественным относят взаимозаменяемость, регулируемость, контролепригодность и инструментальная доступность конструкции. Количественные показатели согласно ЕСТПП классифицируются на:

1. базовые (исходные) показатели технологичности конструкций, регламентируемые отраслевыми стандартами;
2. показатели технологичности конструкций, достигнутые при разработке изделий;
3. показатели уровня технологичности конструкции, определяемые как отношение показателей технологичности разрабатываемого изделия к соответствующим значениям базовых показателей.

Номенклатура показателей технологичности конструкций выбирается в зависимости от вида изделия, специфики и сложности конструкции, объема выпуска, типа производства и стадии разработки конструкторской документации.

Базовые показатели технологичности блоков РЭА установлены стандартом отраслевой системы технологической подготовки производства. Все блоки по технологичности делятся на 4 основные группы:

1. электронные: логические и аналоговые блоки оперативной памяти, блоки автоматизированных систем управления и электронно-вычислительной техники, где число ИМС больше или равно числу ЭРЭ;
2. радиотехнические: приемно-усилительные приборы и блоки, источники питания, генераторы сигналов, телевизионные блоки;
3. электромеханические: механизмы привода, отсчетные устройства, кодовые преобразователи;
4. коммутационные: соединительные, распределительные блоки, коммутаторы.

В данном дипломном проекте рассматривается радиотехнический блок. Для блока определяются 7 основных показателей технологичности (таблица 8.1), каждый из которых имеет свою весовую характеристику xi. Величина коэффициента весомости зависит от порядкового номера частного показателя в ранжированной последовательности и рассчитывается по формуле:

xi=q/2q-1,(8.1)

где q - порядковый номер ранжированной последовательности частных показателей.

Таблица 8.1

Показатели технологичности конструкции РЭС

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер (i) показателя | Показатели технологичности | Обозначение | Степень  влияния, xi |
| 1 | Коэффициент автоматизации и механизации монтажа | КМ.М. | 1.0 |
| 2 | Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу | КМ.П.ИЭТ | 1.0 |
| 3 | Коэффициент освоенности деталей и сборочных единиц (ДСЕ) | КОСВ. | 0.8 |
| 4 | Коэффициент применения микросхем и микросборок | КМ.С. | 0.5 |
| 5 | Коэффициент повторяемости печатных плат | КПОВ.П.П. | 0.3 |
| 6 | Коэффициент применения типовых технологических процессов | КТ.П. | 0.2 |
| 7 | Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля | КА.Р.К.. | 0.1 |

Затем на основании расчета всех показателей вычисляют комплексный показатель технологичности:

К=ΣКi\*xi/3,9,(8.2)

К=0,85

Коэффициент технологичности находится в пределах 0 < К < 1.

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа:

КМ.М.=НМ.М/НМ,(8.3)

КМ.М.=0,93

где НМ.М. - количество монтажных соединений ИЭТ, которые предусматривается осуществить автоматизированным и механизированным способом. Для блоков на печатных платах механизация относится к установке ИЭТ и последующей пайке волной припоя;

НМ - общее количество монтажных соединений. Для разъемов, реле, микросхем и ЭРЭ определяются по количеству выводов.

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу:

КМ.П.ИЭТ=НМ.П.ИЭТ/НП.ИЭТ,(8.4)

КМ.П.ИЭТ=0,86

где НМ.П.ИЭТ - количество ИЭТ в штуках, подготовка выводов которых осуществляется с помощью автоматов и полуавтоматов;

НП.ИЭТ - общее число ИЭТ, которые должны подготавливаться к монтажу в соответствии с требованиями конструкторской документации.

Коэффициент освоенности ДСЕ:

КОСВ=ДТ.З/ДТ,(8.5)

КОСВ=0,89

где ДТ.З - количество типоразмеров заимствованных ДСЕ, ранее освоенных на предприятии;

ДТ- общее количество типоразмеров ДСЕ в РЭС.

Коэффициент применения микросхем и микросборок:

КМ.С.=КЭ.МС/(КЭ.МС+НИЭТ),(8.6)

КМ.С.=0,89

где КЭ.МС - общее число дискретных элементов, замененных микросхемами;

НИЭТ - общее число ИЭТ, не вошедших в микросхемы. К ИЭТ относятся резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, разъемы, реле и другие элементы.

Коэффициент повторяемости печатных плат:

КПОВ.ПП=1-ДТПП/ДПП,(8.7)

КПОВ.ПП=0,5

где ДТПП – число типоразмеров печатных плат в РЭС;

ДПП - общее число печатных плат в РЭС.

Коэффициент применения типовых технологических процессов:

КТ.П.=(ДТ.П+ЕТ.П)/(Д+Е)(8.8)

КТ.П.=0,87

где ДТ.П и ЕТ.П - число деталей и сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых технологических процессов;

Д и Е - общее число деталей и сборочных единиц в РЭС, кроме крепежа (винтов, гаек, шайб).

Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля:

КА.Р.К=НА.Р.К/НР.К,(8.9)

КА.Р.К=0,5

где НА.Р.К - число операций контроля и настройки, выполняемых на полуавтоматических и автоматических стендах;

НР.К - общее количество операций контроля и настройки. Две операции: визуальный контроль и электрический являются обязательными. Если в конструкции имеются регулировочные элементы, то количество операций регулировки увеличивается пропорционально числу этих элементов.

Выше были представлены численные значения, полученные с помощью прикладной программы RTF8 на ПЭВМ, рассчитывающей показатели технологичности конструкции для радиотехнических и электронных блоков, которые представлены в приложении Г данного дипломного проекта. В результате выполнения программы был получен следующий листинг:

###### **Расчет показателей технологичности**

Выполнен на основе отраслевого стандарта ОСТ 4Г0.091.219-81

Название изделия: физиотерапевтическое устройство на основе применения упругих волн

Тип аппаратуры: радиотехнический

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Количество автоматизированных монтажных соединений (шт.)....205

Общее количество монтажных соединений (шт.)…………...……..220

ИЭТ, подготавливаемые к монтажу механизированным способом..32

Общее количество ИЭТ (шт.)…………………………………………37

Количество типоразмеров заимствованных ДСЕ……………………24

Общее количество ДСЕ в РЭС………………………………………..27

Число элементов, замененных ИМС………………………………..300

Число элементов ИЭТ, не вошедших в ИМС………………………..37

Число типоразмеров печатных плат……………………………….….1

Общее число печатных плат………………………………………..….2

Количество примененных типовых техпроцессов……………….….13

Общее количество техпроцессов……………………………………..15

Число автоматических операций контроля и регулировки………….1

Общее число операций регулировки и контроля……………………..2

Заданный показатель технологичности: …………………….…….0,65

### Таблица 8.2

### Полученные данные

|  |  |
| --- | --- |
| Коэффициенты | Численные значения |
| Коэффициент автоматизации и механизации монтажа | 0,93 |
| Коэффициент автоматиз. подготовки ИЭТ к монтажу | 0,86 |
| коэффициент освоенности ДСЕ | 0,89 |
| Коэффициент применения микросхем и микросборок | 0,89 |
| коэффициент повторяемости печатных плат | 0,5 |
| Коэффициент применения типовых техпроцессов | 0,87 |
| Коэффициент автоматизации контроля и настройки | 0,5 |
| Показатель технологичности комплексный | 0,85 |

Вывод: поскольку Красч.>Кзад.(0,85>0,65), то конструкция изделия технологична, можно разрабатывать техпроцесс.

Для повышения технологичности конструкций необходимо выполнение следующих групп мероприятий:

- путем совершенствования конструкции блока: повышение унификации блока; расширение использования микросхем и микросборок; увеличение сборности конструкции; увеличение количества деталей, изготовленных прогрессивным методом, и уменьшение числа деталей, изготовленных точным способом; рациональная компоновка элементов на плате;

- совершенствованием технологии сборки: механизация подготовки элементов к монтажу путем использования автоматов, полуавтоматов; совершенствованием ТП монтажа; механизация операций контроля и настройки; применение прогрессивных методов формообразования деталей.

**9. Разработка технологического процесса сборки устройства**

Технологическим процессом сборки называют совокупность операций, в результате которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, стойки, системы и изделия. Простейшим сборочно-монтажным элементом является деталь, которая характеризуется отсутствием разъемных и неразъемных соединений [25].

Сборочная единица является более сложным сборочно-монтажным элементом, состоящим из двух или более деталей, соединенных разъемным или неразъемным соединением. Характерным признаком сборочной единицы является возможность ее сборки отдельно от других сборочных единиц.

Технологическая схема сборки изделия является одним из основных документов, составляемых при разработке технологического процесса сборки. Расчленение изделия на сборочные элементы проводят в соответствии со схемой сборочного состава, при разработке которой руководствуются следующими принципами:

1. схема составляется независимо от программы выпуска изделия на основе сборочных чертежей, электрической и кинематической схем изделия;
2. сборочные единицы образуются при условии независимости их сборки, транспортировки и контроля;
3. минимальное число деталей, необходимое для образования сборочной единицы первой ступени сборки, должно быть равно двум;
4. минимальное число деталей, присоединяемых к сборочной единице данной группы для образования сборочного элемента следующей ступени, должно быть равно единице;
5. схема сборочного состава строится при условии образования наибольшего числа сборочных единиц;

- схема должна обладать свойством непрерывности, т.е. каждая последующая ступень сборки не может быть осуществлена без предыдущей.

Включение в схему сборочного состава характеристик сборки превращает ее в технологическую схему сборки.

На практике широко применяют два вида схем сборки: ІвеерногоІ типа и с базовой деталью.

Схема сборки с базовой деталью указывает временную последовательность сборочного процесса. При такой сборке необходимо выделить базовый элемент, т.е. базовую деталь или сборочную единицу. В качестве базовой выбирают ту деталь, поверхности которой будут впоследствии использованы при установке в готовое изделие. В большинстве случаев базовой деталью служит плата, панель, шасси и другие элементы несущих конструкций изделия. Направление движения деталей и сборочных единиц на схеме показывается стрелками, а прямая линия, соединяющая базовую деталь и изделие, называется главной осью сборки. Точки пересечения осей сборки, в которые подаются детали или сборочные единицы, обозначаются как элементы сборочных операций, например: Сб.1-1,Сб.1-2 и т.д., а точек пересечения вспомогательной оси с главной - как Сб.1, С6.2 и т.д.

При построении технологической схемы сборки каждую деталь или сборочную единицу изображают в виде прямоугольника, в котором указывают позицию детали по спецификации к сборочному чертежу, ее наименование и обозначение согласно конструкторского документа, а также количество деталей, подаваемых на одну операцию сборки.

Для определения количества устанавливаемых ЭРЭ и ИМС на плату в ходе выполнения сборочных операций рассчитывается ритм сборки:

r = ФД/N, (9.1)

где ФД - действительный фонд рабочего времени за плановый период;

N - программа выпуска.

r=24,3 мин/шт.

Действительный фонд времени рассчитывается:

ФД=Др\*S\*m\* Крег.пер,(9.2)

где Др - количество рабочих дней в году, Др=250 дней;

S - число смен, S=1;

m - продолжительность рабочей смены, m=8 ч;

Крег.пер. - коэффициент, учитывающий время регламентированных перерывов в работе, Крег.пер.=0,94ё0,95.

ФД=250\*1\*8\*0,95\*60=114000 мин

Количество элементов, устанавливаемых по i-той операции, должно подчиняться условию

0,9<Тi/r <1.2, (9.3)

где Тi - трудоемкость i- й операции сборки.

Штучное время определяется:

ТШТ =ТОП\*К\*[1+ (К1+К2)/100, (9.4)

где ТОП - операционное время на выполнение операций для всего изделия;

К=1,0 - коэффициент учитывающий группу сложности изделий и всего устройства;

К1=7,6% - коэффициент учитывающий подготовительно- заключительное время, время обслуживания рабочих мест, время на личные нужды. Принимается в процентах от операционного времени;

К2 = 5% - коэффициент зависящий от условий работы, в данном случае простые и средние.

Результаты расчетов штучного времени сведены в таблицу 9.1.

Таблица 9.1

Результаты расчетов штучного времени

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Последовательность операций | Вариант 1 | | | Вариант 2 | | |
| Оборудование и оснастка | Тшт | Ттпз | Оборудование и оснастка | Тшт | Ттпз |
| мин. | |  | мин. | |
| 010 | Подготовительная | - | - | - | - | - | - |
| 020 | Комплектовочная | - | - | - | - | - | - |
| 030 | Транспортировочная | - | - | 4 | - | - | 4 |
| 040 | Механосборочная | Приспособление  БМ 769-1358 | 2,52 | 10 | Раcклепочник цеховой, ключ, отвёртка | 6,76 | - |
| 050 | Подготовка ЭРЭ  к монтажу | Полуавтомат  ГГ-2420 | 0,81 | 20 | Приспособление | 5,0 | 10 |
| 060 | Установка микросхем на плату | Полуавтомат  УР-10 | 0,84 | 20 | Стол монтажный СМ-3  Пинцет ГГ-7879-4215 | 10 | - |
| 070 | Установка ЭРЭ на плату | Полуавтомат ГГ-24-20,  UNITRA PK-K -42 | 1,65 | 20 | Пинцет ГГ-7879-4215 | 2,8 | - |
| 080 | Пайка плат волной припоя | Линия пайки ЛПМ-500 | 1,54 | 50 | Установка пайки  ПАП-300 | 1,8 | 50 |
| 090 | Установка транзисторов | Стол СМ-3 | 1,65 | 10 | Стол СМ-3, отвёртка | 3 | - |
| 100  110 | Установка трансформаторов  Очистка плат | Стол СМ-3  УЗ ванна  УЗВ-1.5 | 2,91  0,81 | 10  10 | Стол СМ-3, отвёртка  Ванна цеховая, щетка | 5,2  4,19 | -  - |
| 120 | Маркировка,  Контроль | Приспособление визуального контроля  ГГ 63669\012 | 2,63 | 5 | Приспособление визуального контроля ГГ 63669\012 | 2,63 | 5 |
| Итого: | | | 15,4 | 159 |  | 41,4 | 69 |

Для выбора подсчитаем штучно-калькуляционное время для каждого варианта по формуле:

,(9.5)



где: Tшт.кол∑ - штучно-калькуляционное время i операции сборки;

Tшт.i - штучное время, затрачиваемое на i сборку;

Tтпз.i - подготовительно-заключительное время, которое затрачивается на ознакомление с чертежами, получение инструмента, подготовку и наладку оборудования и выдается на всю программу выпуска;

- число операций ТП.



Tшт.кол∑ =15,4+(159x1x254)/1000= 55,79

Tшт.кол∑ =41,4+(69x1x254)/1000= 58,93

Таким образом, т.е. первый вариант ТП оказался более предпочтительным для данного размера партии.



Рассчитаем критический размер партии :



779(9.6)



где - число операций по 1 и по 2 варианту ТП соответственно;



y – количество смен;

Драб – количество рабочих дней на плановый период.

Программа выпуска учитывается на предмет возможного брака:

N = N\*(1+L/100), (9.7)

где L 3% - коэффициент брака.

N= 1000\*(1+3/100) = 1030 шт

Рассчитаем трудоемкость установки элементов на печатную плату:

-для резисторов

Т1= t1+t2 +t3+ t4,(9.8)

где t1 = 0.6 мин - время распаковки и проверки;

t2 = 0,066 - время обрезки выводов ЭРЭ;

t3 = 0,1 мин - время на формовку выводов;

t4 = 0,07 мин - время на установку полуавтоматом.

Т1=0,84 мин

- для конденсаторов

Т2 = Т1, (9.9)

Т2=0,84 мин

- для микросхем

ТЗ= t5+ t6+ t7,(9.10)

где t5= 0.27 мин - время на распаковку и проверку;

t6=0.09 мин- время на формовку выводов микросхем;

t7 = 1,27 мин - время на установку микросхем с технологической фиксацией.

ТЗ= 1.63 мин

-для транзисторов

Т4 = t1+ t4,(9.11)

Т4= 0.68 мин

При разработке маршрутной технологии необходимо руководствоваться следующим:

1) при поточной сборке разбивка процесса на операции определяется тактом выпуска (ритмом сборки), причём время, затрачиваемое на выполнение каждой операции, должно быть равно или кратно ритму;

2) предшествующие операции не должны затруднять выполнение последующих;

3) на каждом рабочем месте должна выполняться однородная по характеру и технологичности законченная работа;

4) после наиболее ответственных операций сборки, а также после регулировки или наладки предусматривают контрольные операции;

5) применяют более совершенные формы организации производства - непрерывные и групповые поточные линии, линии и участки гибкого автоматизированного производства (ГАП).

Технологическая схема сборки приведена в графической части данного дипломного проекта.

Для монтажа блоков РЭА на печатных платах будем использовать линию пайки ЛПМ-500, скорость транспортировки которой составляет 0,8-3 м/мин и габаритами 3800х850х1400. В качестве технологической оснастки выбирается тележка (ДМЩ-МА-488.00.00), пневмопресс для расклепывания (БМ 769-1358), пинцет (ГОСТ 21241-89), паяльник электрический (ПСН-40), распылитель (Р-1243-16) и тару цеховую.

Комплект документов на технологические процессы сборки, монтажа и контроля приведен в приложении Д дипломного проекта.

**10. Технико-экономическое обоснование**

**10.1 Общие положения по экономическому обоснованию дипломного проекта**

Экономическое обоснование дипломного проекта является завершающим этапом подготовки специалиста в высшем учебном заведении. Новая техника должна быть не только технически совершенной, но и экономически выгодной. На основе экономической оценки новой техники принимается решение об инвестициях в данный проект.

В данном разделе осуществляется переход от многочисленных отдельных технических параметров к оценке конструкции в целом, дается обобщенная оценка в денежном выражении разнообразных достоинств и недостатков новой техники.

Также необходимо в данном разделе дипломного проекта рассчитать экономический эффект от разработки и производства устройства. Экономический эффект (ЭТ) за расчетный период времени рассчитывается по следующей формуле:

ЭТ=РТ-ЗТ,(10.1)

где РТ - стоимостная оценка результата от внедрения мероприятия НТП, ден. ед.;

ЗТ - стоимостная оценка затрат на реализацию мероприятия НТП, ден. ед.;

т - расчетный период времени, лет.

Под расчетным периодом понимается время, в течение которого капиталовложение оказывает воздействие на производственный процесс. В качестве расчетного периода предприятие-производитель новой техники может принять прогнозируемый срок производства новой техники [33].

**10.2 Характеристика проекта**

Физиотерапевтическое устройство на основе применения упругих волн является изделием медицинской техники. Оно предназначено для лечения различных заболеваний. Внешне прибор представляет собой устройство состоящее из основного блока, который подключается к сети электропитания с напряжением 220В и частотой 50 Гц, и двух связанных с ним источников механических колебаний, с помощью которых осуществляется непосредственное воздействие на организм человека.

Устройство предназначено для профилактики и лечения таких заболеваний как остеохондроз, простатит, трофической язвы, переломов, отеков ушибов, гайморита, ринита, бессонницы, ожогов и некоторых других. Оно может применяться также в косметических целях, для снятия усталости, для восстановления и развития голоса. Высокая эффективность лечения достигается многократным увеличением микрокапилярного кровотока и лимфотока в ограниченной болезненной области.

Физиотерапевтическое устройство на основе применения упругих волн может применяться в лечебно-профилактических и санаторных учреждениях. Предполагается, что физиотерапевтический аппарат будет пользоваться спросом, т.к. разрешено его использование в домашних условиях. Он будет сопровождаться подробной инструкцией по применению. Цена будет доступна для рядового покупателя.

**10.3 Расчет стоимостной оценки результата**

**10.3.1 Прогноз объема продаж и расчетного периода**

Исходя из того, что у физиотерапевтического устройства на основе применения упругих волн конструкция конструкция относительно проста, и состоит в основном из комплектующих отечественного производства, можно предположить, что достаточно быстро можно развернуть его производство. Людей страдающих заболеваниями, при лечении которых может использоваться этот прибор, достаточно велико. Поэтому аппарат будет пользоваться спросом. Учитывая вышесказанное можно предположить, что в год можно реализовать 1000 штук таких устройств. Такой объем продаж будет поддерживаться на протяжении 5 лет, т.к. у него почти нет конкурентов.

При этом учитывается, что внедрение разрабатываемого устройства производится во второй половине 2000 г.

**10.3.2 Расчет себестоимости и отпускной цены единицы продукции**

Себестоимость продукции - это выраженная в денежной форме сумма затрат на производство и реализацию продукции. В самом общем виде в состав затрат включаются материалы, комплектующие изделия и полуфабрикаты, заработная плата (основная и дополнительная) персонала, износ специнструментов и приспособлений, расходы по содержанию и эксплуатации оборудования, цеховые, общезаводские расходы, прочие производственные и внепроизводственные расходы. В состав себестоимости включаются также некоторые налоги и отчисления, определяемые согласно действующему законодательству.

В статью “Сырье и материалы за вычетом возвратных отходов” включается стоимость основных и вспомогательных материалов, необходимых для изготовления единицы продукции по установленным нормам. Формула расчета следующая:

РМ=КТР\*НPi\*Цi-ОВi\*ЦOi,(10.2)

где КТР - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов;

Нpi - норма расхода i-го вида материала на единицу продукции;

Цi - отпускная цена за единицу i-го вида материала, руб.;

ОВi - возвратные отходы i-го вида материала, руб.;

Цoi - цена за единицу отходов материала i-го вида, руб.

Коэффициент транспортно-заготовительных расходов можно принять равным 1,1-1,2. Для упрощения расчетов возвратные отходы можно принять в размере 1% от стоимости материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов.

Так как номенклатура применяемых в изделии материалов широка, то расчеты удобно производить в табличной форме (таблица 10.1). (приведенные цены в таблицах в деноминированных рублях)

Таблица 10.1

Расчет затрат на материалы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование материала | Единицы измерения | Норма расхода | Оптовая цена за единицу, руб. | Сумма,  руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Припой ПОС-61 | кг | 0,02 | 4000 | 80 |
| Флюс ФКТ | кг | 0,001 | 2500 | 2,5 |
| Подставка для паяльника | шт | 1 | 360 | 360 |
| Жало для паяльника | шт | 1 | 500 | 500 |
| Паяльник | шт | 1 | 1700 | 1700 |
| Кисточка для флюса | шт | 1 | 240 | 240 |
| Пластмасса | кг | 0,1 | 600 | 60 |
| Стеклотекстолит | м2 | 0,005 | 10000 | 50 |
| Металлическая лента | м | 0,05 | 800 | 40 |
| Металлический лист | м2 | 0,002 | 1500 | 3 |
| Провод ПЭВ-0,1 | м | 10 | 50 | 500 |
| Провод изолированный | м | 1 | 75 | 75 |
| Провод монтажный | м | 1,6 | 50 | 80 |
| Эпоксидная смола | кг | 0,015 | 900 | 13,5 |
| Итого |  |  |  | 3704 |
| Транспортно- |  |  |  |  |
| заготовительные расходы |  |  |  | 185,2 |
| (5%) |  |  |  |  |
| ВСЕГО |  |  |  | 3889,2 |

В статье “Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера” учитываются затраты, связанные с приобретением со стороны готовых комплектующих изделий и полуфабрикатов, которые подвергаются обработке и монтажу на предприятии, транспортно-заготовительные расходы на их приобретение и доставку. Норма расхода комплектующих и полуфабрикатов принимается по спецификации.

Расчет затрат по этой статье на единицу продукции производится следующим образом:

РК=КТР\*NKJ\*ЦJ,(10.3)

где КТР - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов;

NKJ - количество комплектующих или полуфабрикатов j-того вида на единицу продукции, шт.;

ЦJ - отпускная цена j-того вида комплектующих изделий.

Так как в радиоэлектронных отраслях номенклатура применяемых комплектующих изделий и полуфабрикатов довольно обширна, расчеты затрат по этой статье также удобно производить в табличной форме (таблица 10.2).

Таблица 10.2

Расчет затрат на комплектующие изделия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование комплектующего или полуфабриката | Количество на единицу, шт | Цена,.руб | Сумма, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Шуруп саморез М6 | 8 | 100 | 800 |
| Паспорт | 1 | 500 | 500 |
| Шнур сетевой | 1 | 90 | 90 |
| Резисторы С2-23-0,125 | 18 | 12 | 216 |
| Конденсаторы К10-17 | 5 | 70 | 350 |
| К50-35 | 4 | 40 | 160 |
| Транзисторы КТ315 | 1 | 8 | 8 |
| КТ815Г | 3 | 12 | 36 |
| Диоды КД522 | 4 | 35 | 140 |
| АЛ307Б | 4 | 34 | 136 |
| Микросхемы К561ЛЕ5 | 1 | 135 | 135 |
| К561ИЕ16 | 1 | 150 | 150 |
| CD4046 | 1 | 300 | 300 |
| КР142ЕН8 | 1 | 150 | 150 |
| КР1006ВИ1 | 1 | 102 | 102 |
| Трансформатор ТС | 2 | 1000 | 2000 |
| Кольцо ферритовое | 1 | 500 | 500 |
| Итого |  |  | 5773 |
| Транспортно-заготови- |  |  |  |
| тельные расходы (5%) |  |  | 288,7 |
| ВСЕГО |  |  | 6061,7 |

В статье “Основная заработная плата производственных рабочих” учитывается только заработная плата основных производственных рабочих, непосредственно связанных с технологическим процессом по изготовлению прибора. В состав основной заработной платы включается прямая заработная плата и оплата по действующим премиальным системам.

Расчет затрат по этой статье производится следующим образом:

ЗОJ=КПР\*ТЧi\*tiJ,(10.4)

где КПР - коэффициент премий, установленный за выполнение определенных показателей;

ТЧi - часовая тарифная, соответствующая разряду работ i-той операции, руб./час;

tiJ - норма времени i-той операции по j-му изделию, час/шт.

Расчет основной заработной платы производственных рабочих приведен в таблице 10.4.

Таблица 10.3

Тарифная ставка

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Сумма |
| Тарифная ставка 1-го разряда | 4610 | 27,34 |
| Количество часов в месяц | 168,6 |  |

Таблица 10.4

Расчет основной заработной платы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид работ | Разряд работ | Трудо-емкость,  н/ч | Тарифный коэффи-циент | Средняя зарплата за час работы,.руб | Сумма заработной платы,руб. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1 Заготовительная | 4 | 2 | 1,57 | 43 | 86 | |
| 2 Сборочные | 5 | 3,5 | 1,73 | 47,3 | 166 | |
| 3 Контрольно-регулиров. | 6 | 10 | 1,9 | 52 | 520 | |
| 4 Сборка и контроль | 5 | 2,5 | 1,73 | 47,3 | 118,2 | |
| Итого |  |  |  |  | 890,2 |
| Премия (40%) |  |  |  |  | 356,1 |
| ВСЕГО с премией |  |  |  |  | 1246,3 |

Калькуляция себестоимости прибора приведена в таблице 10.5.

Таблица 10.5

Калькуляция себестоимости прибора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование статей затрат | Усл. обозн. | Методика расчета | Сумма, тыс.руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Сырье и материалы | РМ | Табл.10.1 | 3889.2 |
| 2 Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты | РК | Табл.10.2 | 6061.7 |
| 3 Основная заработная плата производственных рабочих | ЗО | Табл.10.4 | 1246.3 |
| 4 Дополнительная заработная плата произв. Рабочих | ЗД | ЗД = (ЗО \*НД)/100  НД=20% | 249.3 |
| 5 Отчисления в фонд социальной защиты и в фонд занятости | РСОЦ | РСОЦ=(ЗО+ ЗД )\*НСОЦ  НСОЦ=35%+1%=36% | 538 |
| .6 Чрезвычайный налог в фонд Чернобыля | РЧН | РЧН=( ЗО+ ЗД)\*НЧН  НЧН=4% | 60 |
| 7 Износ инструментов и приспособлений целевого назначения | РИЗ | РИЗ= ЗО\*НИЗ/100  НИЗ=10% | 125 |
| 8 Общепроизводственные расходы | РОБП | РОБП= ЗО\*НОБП/100  НОБП=100% | 1246.3 |
| 9 Общехозяйственные расходы | РОБХ | РОБХ=ЗО\*НОБХ/100  НОБХ=150% | 1870 |
| 10 Прочие производственные расходы | РПР | РПР= ЗО\* НПР/100  НПР=1% | 12.5 |
| Производственная себестоимость | СПР | СПР=РМ+РК+ЗО+ЗД+  +РСОЦ+РЧН+РИЗ+РОБП+  +РОБХ+РПР | 15298 |
| 11 Коммерческие расходы | РКОМ | РКОМ=СПР \* НКОМ/100  НКОМ=2% | 306 |
| 12 Полная себестоимость | СП | СП= СПР+ РКОМ | 15604 |
| 13 Плановая прибыль на единицу продукции | ПЕД | ПЕД= СП\*НРЕ  НРЕ=30% | 4681 |
| 14 Оптовая цена предприятия | ЦОПТ | ЦОПТ= СП+ ПЕД | 19979 |
| 15 Отчисления в спецфонды (сельхозналог, отчисления в ведомственный жилой фонд, на содержание детских дошкольных учреждений | ОСФ | ОСФ=(СП+ПЕД)\* НСФ/(100-НСФ)  НСФ=2.5% | 520 |
| ИТОГО Ц | Ц | Ц=СП+ПЕД+ОСФ | 20805 |
| 16 Налог на добавленную стоимость | НДС | НДС=Ц\*НДС/100  НДС=20% | 4161 |
| 17 Отпускная (свободная) цена | ЦОТП | ЦОТП=СП+ПЕД+ОСФ+  +НДС | 24966 |

**10.3.3 Расчет чистой прибыли от внедрения проекта**

Абсолютную величину прибыли (Пt), оставшуюся в распоряжении предприятия в году t, определяют по формуле:

Пt=(Цt-Сt-Оt)\*Nt\*(1-Нt/100),(10.5)

где Цt - прогнозируемая цена изделия в году t, ден.ед.;

Сt - себестоимость единицы изделия в году t, ден.ед.;

Оt - косвенный налог, включаемый в цену изделия в году t, ден.ед.;

Nt - объем выпуска в году t, шт.;

Нt - процент налога на прибыль в году t, %.

Пt=(20805-15604-4161)\*1000\*0.75=3900000 руб.

Пt=(20805-15604-4161)\*1000\*0.75=1900000 руб.

**10.4 Расчет стоимостной оценки затрат**

Стоимостная оценка затрат у производителя новой техники определяется с учетом состава затрат, необходимых для ее разработки и производства.

Предпроизводственные затраты определяются по формуле:

КПП.З=SНИОКР+КОСВ,(10.6)

где SНИОКР - сметная стоимость НИОКР, ден.ед.;

КОСВ - затраты на освоение производства и доработку опытных образцов продукции, ден.ед..

**10.4.1 Определение сметной стоимости НИОКР**

Смета затрат на проведение научно-исследовательской работы рассчитывается по следующим статьям:

1. Материалы и комплектующие;
2. Спецоборудование;
3. Расходы на оплату труда:
   1. Основная заработная плата;
   2. Дополнительная заработная плата;
4. Налоги и отчисления, приравненные к материальным затратам;
5. Командировочные расходы;
6. Амортизация на полное восстановление основных фондов;
7. Услуги сторонних организаций;
8. Прочие расходы;
9. Накладные расходы.

На статью ‘Материалы и комплектующие’ относятся затраты на материалы (сырье, основные и вспомогательные материалы, топливо, электроэнергия, вода, газ, пар, запасные части, покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия, необходимые для выполнения конкретной темы (за вычетом возвратных отходов). Затраты на материалы состоят из затрат на приобретение, заготовку и доставку их на склады по действующим ценам с учетом транспортно-заготовительных расходов.

Величина транспортно-заготовительных расходов составляет 5-10 %.

Расходы на материалы и комплектующие приведены в таблице 10.6.

Таблица 10.6

Расчет затрат по статье материалы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование вида  Материального ресурса | Единицы  измерения | Норма  расхода | Цена за един.,руб. | Сумма, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Резисторы  С2-23-0,125 | Шт | 18 | 12 | 216 |
| Конденсаторы  К10-17  К50-35 | Шт  Шт | 5  4 | 70  40 | 350  160 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Транзисторы  КТ315  КТ815Г | Шт  Шт | 1  3 | 8  12 | 8  36 |
| Диоды  КД522  АЛ307Б | Шт  Шт | 4  4 | 35  34 | 140  136 |
| Микросхемы  К561ЛЕ5  К561ИЕ16  CD4046  КР1006ВИ1  КР142ЕН8А | Шт  Шт  Шт  Шт  Шт | 1  1  1  1  1 | 135  150  300  102  150 | 135  150  300  102  150 |
| Трансформатор ТС | Шт | 2 | 1000 | 2000 |
| Провод монтажный | м | 1,6 | 50 | 80 |
| Провод сетевой | м | 1 | 90 | 90 |
| Провод изолированный | м | 1 | 75 | 75 |
| Припой ПОС-61 | Кг | 0,02 | 4000 | 80 |
| Стеклотекстолит с двусторонним медным покрытием | М2 | 0,005 | 10000 | 50 |
| Итого |  | | | 4258 |
| Транспортно- заготовительные расходы (10%) |  | | | 425,8 |
| ВСЕГО |  | | | 4683,8 |

На статью “Спецоборудование” относятся затраты на приобретение и изготовление специальных инструментов, приспособлений, приборов, стендов, аппаратов и др. необходимых для выполнения только данной конкретной работы. В данном случае эта статья отсутствует , т.к. при разработке будет использоваться оборудование и инструменты, которые использовались для предыдущих разработок.

На статью “Основная заработная плата” относится заработная плата, начисленная исходя из ставок и должностных окладов с учетом премий научных сотрудников, инженерно-технических работников, лаборантов, чертежников и пр., занятых выполнением данной НИР и ОКР. Сумма основной заработной платы устанавливается исходя из численности различных исполнителей и трудоемкости выполняемых работ в чел.-дн. или чел.-час, а также среднедневной или среднегодовой зарплате по каждой профессии работников. Ставка за один день (или час) определяется путем деления месячного должностного оклада на количество рабочих дней (часов) в месяце.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 10.7.

Таблица 10.7

Расчет основной заработной платы научных сотрудников

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды работ | Исполнители | Затраты труда,  чел.-дн. | Зарплата за день работы, руб. | Сумма прямой зарплаты, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Утверждение ТЗ | Руководитель | 14 | 2000 | 28000 |
| 1.Подбор и изучение литературы | Научный сотрудник | 20 | 700 | 14000 |
| 2.Разработка чертежей |  |  |  |  |
| 3.Разработка документации |  |  |  |  |
| Итого |  |  |  | 42000 |
| Премий 20% |  |  |  | 8400 |
| ВСЕГО |  |  |  | 50400 |

Калькуляция по теме НИОКР приведена в таблице 10.8.

Таблица 10.8

Смета затрат по НИР и ОКР

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Статьи затрат | Усл. обозн. | Методика расчета | Сумма, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Расход на материалы | РМ | Табл.11.6 | 4683.8 |
| 2 Основная заработная плата научно-производственного персонала | ЗО | Табл.11.7 | 50400 |
| 3 Дополнительная заработная плата научно-производствен-  ного персонала | ЗД | ЗД=ЗО\*НД/100  НД=20% | 10080 |
| 4 Основная и дополнительная зарплата прочих кате- горий работающих | ЗПК | ЗПК=(ЗО+ЗД)\*КПР  КПР=1 | 60480 |
| 5 Отчисления в фонд социальной защиты | РСЗ | РСЗ=(ЗО+ЗД+ЗПК)\*НСЗ/100  НСЗ=36% | 43546 |
| 6 Услуги сторонних организаций | РУС | Расчет по смете либо 4-10% от ЗО | 5040 |
| 7 Прочие прямые расходы | РПР | РПР=(РМ+ЗО+ЗД+ЗПК+РСЗ+ +РУС)\*НПР/100, НПР=10% | 17423 |
| 8 Чрезвычайный “Чернобыльский налог” | РН | РН=ЗО\*НЧЕР/100  НЧЕР=4% | 2016 |
| 9 Косвенные накладные расходы | РКОС | РКОС=ЗО\*НКОС/100  НКОС=200% | 100800 |
| 10 ИТОГО  полная себестоимость | СП | СП=РМ+ЗО+ЗД+ЗПК+РСЗ+ +РУС+РПР+РН+РКОС | 294469 |
| 11 Плановая прибыль | ПП | ПП=СП\*НП/100  НП=20% | 58894 |
| 12 Оптовая цена | ЦОП | ЦОП=СП+ПП | 353363 |
| 13 Отчисления в специальные фонды | ОСФ | ОСФ=(СП+ПП)\*НСФ/(100-НСФ)  НСФ=2.5% | 9061 |
| 14 Отчисления производителям с/х продукции | ОСХ | ОСХ=(СП+ПП+ОСФ)\*НСХ/  /(100-НСХ)  НСХ=1.5% | 5520 |
| 15 Налог на добавленную стоимость | НДС | НДС=(СП+ПП+ОСФ+ОСХ)\* \*НДС/100, НДС=20% | 73590 |
| 16 Отпускная цена | ЦОТП | ЦОТП=СП+ПП+ОСФ+ОСХ+  +НДС | 441534 |

В результате на НИОКР затраты составляют 441534 тыс. рублей.

КОСВ =20% от SНИОКР, то КПП.З=441534+68466=0,5 млн. руб.

**10.4.2 Арендная плата за использование площади и оборудования**

Для производства данного устройства необходимо площадь в 98м2. Исходя из того, что стоимость 1м2=2800 руб. в месяц, то 98м2 будут стоить 230200руб. в месяц.

Тогда за год арендная плата за использование площади составит - 2762000 руб.

Арендная плата за использование оборудования - 438000 руб.

Единовременные затраты (Кп) определяются по формуле:

КПП=КОБ+КПЛ,(10.7)

где КОБ - арендная плата за использование оборудования;

КПЛ - арендная плата за использование площади.

КПП=3200000 руб.

**10.5 Расчет экономического эффекта**

На основе расчетов приведенных выше, определяется целесообразность внедрения инженерного проекта.

Расчет экономического эффекта проводится с использованием приведения разновременных затрат и результатов к единому моменту времени. Коэффициент приведения (αt) рассчитывается по формуле:

αt=1/(1+ЕН)t-tр,(10.8)

где ЕН - норматив приведения разновременных затрат и результатов, Ен=0.15;

tp-расчетный год, tp=1;

1. год, затраты и результаты которого приводятся к расчетному году (tp).

α1=1/(1+0.15)1-1=1

α2=1/(1+0.15)2-1=0.87

α3=1/(1+0.15)3-1=0.77

α4=1/(1+0.15)4-1=0.67

α5=1/(1+0.15)5-1=0.57

Расчет экономического эффекта приведен в таблице 10.9.

Таблица 10.9

Расчет экономического эффекта.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Ед.измерения | Расчетный период | | | | |
|  |  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. Прогнозный объем производства | шт. | 500 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 2. Прогнозная цена | руб. | 20805 | 20805 | 20805 | 20805 | 20805 |
| 3. Себестоимость единицы продукции | руб. | 15604 | 15604 | 15604 | 15604 | 15604 |
| 4. Чистая прибыль от внедрения ((п.2- п.3)\*п.1)\*(1-Нt) | млн. руб. | 1,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| 5. То же с учетом фактора времени(п.4\*п.13) | млн. руб. | 1,9 | 3,4 | 3,0 | 2,6 | 2,2 |
| **ЗАТРАТЫ:** | | | | | | |
| 1. Предпроизводствен-ные затраты | млн. руб. | 0,5 | - | - | - | - |
| 1. Единовременные капитальные влож. | млн. руб. | 1,6 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| Затраты на рекламу(прогноз) | млн. руб. | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 1. Всего затрат | млн. руб. | 2,3 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| 1. То же с учетом фактора времени (п.9\*п.13.) | млн. руб. | 2,3 | 2,96 | 2,6 | 2,3 | 1,9 |
| **ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ** | | | | | | |
| 1. Превышение результата над затратами (п.5-п.10) | млн. руб. | -0,4 | 0,44 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| 1. То же с нарастающим итогом | млн. руб. | -0,4 | 0,04 | 0,44 | 0,74 | 1,04 |
| 1. Коэффициент приведения |  | 1 | 0,87 | 0,77 | 0,67 | 0,57 |

В результате проведенного расчета по предложенной программе при изготовлении физиотерапевтического устройства на основе применения упругих волн в течении пяти лет прибыль составит 1040000 руб.

**11. Охрана труда и экологическая безопасность**

**Защита от ультразвука при эксплуатации физиотерапевтического устройства**

Физиотерапевтическое устройство на основе применения упругих волн является изделием медицинской техники. Оно предназначено для лечения различных заболеваний. Высокая эффективность лечения достигается многократным увеличением микрокапиллярного кровотока и лимфотока в ограниченной болезненной области.

Основным элементом физиотерапевтического устройства является ультразвуковой генератор, который работает в диапазоне от 20 до 66 кГц.

Низкочастотная ультразвуковая аппаратура генерирует интенсивный слышимый шум, особенно когда она работает в области ниже 20 кГц. Спектр этого шума является дискретным: на рабочей частоте и первой субгармонике отмечается резкий подъем уровня звукового давления [34].

Частота меняется плавно. Каждый из диапазонов имеет импульсный режим. Интенсивность ультразвука в приборе не превышает 1,2 Вт/см2.

При разработке устройства имеют место следующие вредные факторы: поражение электрическим током (вся аппаратура работает от сети 220 В, 50 Гц), воздействие ультразвука (источником ультразвука является УЗ генератор), а также опасность возникновения пожара (в случае короткого замыкания возможно возгорание изоляции). Все эти факторы негативно влияют на здоровье человека, а в некоторых случаях могут быть опасны для жизни.

При воздействии ультразвука на организм человека, происходит нагрев тела, а при воздействии колебаний на руки через жидкие и твёрдые среды может быть разрыв и разрушение тканей.

Согласно [35] характеристикой ультразвука, создаваемого колебаниями воздушной среды в рабочей зоне, являются уровни звукового давления (дБ) в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами от 12.5 до 100.0 кГц.

Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах при действии ультразвука в зависимости от среднегеоментрических частот 1/3 октавных полос не должны превышать значений приведенных в таблице 11.1.

# Таблица 11.1

# Допустимые уровни звукового давления

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Среднегеом. частота, кГц | 12,5 | 16,0 | 20,0 | 26,0 | 31,5 - 100,0 |
| Уровни зв. давления, дБ | 80 | 90 | 100 | 106 | 110 |

Допустимые уровни ультразвука в зонах контакта рук и других частей тела оператора с рабочими органами установок не должны превышать 110дБ [36].

При суммарном времени воздействия ультразвука от 1 до 4 ч в смену норматив допускается увеличивать на 6 дБ; при воздействии от 1/4 до 1 ч - на 8 дБ; от 5 до 15 мин. - на 12 дБ; от 1 до 5 мин. - на 24 дБ.

Как уже отмечалось, данное физиотерапевтическое устройство работает на частотах 18-66 кГц. При частоте 18 кГц это устройство создает слышимый шум. Специальные исследования по воздействию ультразвуковых колебаний на человека показали, что при частоте 20 кГц и звуковом давлении до 100 дБ ультразвук не представляет опасности для организма. Худшие условия наблюдаются на частотах ниже 20 кГц, когда даже при небольшом уровне звукового давления слуховое утомление наблюдается через несколько минут непрерывной работы.

Предельно допустимым уровнем звукового давления в 1/3-октавной полосе на среднегеометрической частоте 20 кГц считают 95 дБ.

Эффективным средством индивидуальной защиты от шума при работе с устройством могут служить заглушки - пробки из ультратонкой стекловаты, вставляемые в уши оператора; это ослабляет шум на 20 - 25 дБ. Другим эффективным средством индивидуальной защиты от шума при работе на ультразвуковых установках с повышенным уровнем звукового давления являются противошумные наушники типа ВЦНИИОТ-2. Такие наушники снижают уровень воспринимаемого шума не менее чем на 40 дБ [37].

Ослабление звуков противошумными наушниками приведено в таблице 11.2.

# Таблица 11.2

# Ослабление звуков противошумными наушниками

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота, кГц | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 18,0 | 20,0 |
| Сниж. ур. зв. давл., дБ | 12 | 22 | 27 | 28 | 30 | 30 | 40 | 40 |
| Уменьш. громк. в ч-ло раз | 2 | 4 | 6,5 | 7 | 8 | 8 | 9,5 | 10 |

Таким образом, применение противошумных наушников обеспечивает ослабление звукового давления в 10 раз, а это значит, что уровень звукового давления, воздействующего на оператора не будет превышать предельного допустимого значения.

При организации рабочего места следует принимать все меры для снижения ультразвука, воздействующего на человека в рабочей зоне и зоне контакта с человеком до значений, не превышающих допустимые.

Кроме того должны соблюдаться следующие требования:

- устройство, генерирующее шум, в котором уровни звуковых давлений в частотных полосах спектра превышают допустимые значения, должно быть оборудовано звукоизолирующим кожухам и экраном. Кожух изготовляется из 1-мм листовой стали, покрытой противошумной мастикой.

Основным условием, обеспечивающим хорошую эффективность звукоизоляции, является отсутствие щелей и отверстий в кожухе.

- устройство должно иметь блокировку, отключающую преобразователи при открывании кожухов;

- экран рекомендуется использовать для защиты от направленных звуковых волн, излучаемых установкой. Экран целесообразно использовать в больших рабочих помещениях или в малых, имеющих звукопоглащающие облицовки. Прозрачные экраны могут выполняться из оргстекла 3-5 мм;

- провода, соединяющие генератор с преобразователем, должны быть экранированы.

Если использовать экран, то необходимо знать эффективность ослабления шума этим экраном. Расчет ослабления шума ультразвуковых установок при использовании экранов производится следующим образом.

Требуется определить ожидаемый уровень УЗ давления , требуемое снижение его в расчетной точке помещения; разработать мероприятия по его снижению.

Расчетная точка находится на расстоянии 0,5 м от устройства.

Техническая характеристика УЗ аппарата: а) интенсивность - 0,5-1,2 Вт/см2; б) рабочая частота - 20 кГц; в) амплитуда колебаний - 20 мкм.

Ультразвуковые излучатели, размеры колеблющихся элементов которых велики по сравнению с длиной волны, создают плоскую бегущую волну [38]. Амлитуда колебательной скорости рассчитывается по следующей формуле:

V=2\*π\*f\*A,(11.1)

где f - частота излучения;

А - амплитуда УЗ колебаний.

Тогда

V=2\*3,14\*20,0\*0,2=2,52\*10-2м/с.

Зная мощность УЗ излучателя Р и амплитуду колебательной скорости находим УЗ давление по формуле:

р=2\*Р/V,(11.2)

где р - УЗ давление, Па.

Следовательно,

р=8 Па

Уровень интенсивности ультразвука численно равен уровню УЗ давления, определяемого из выражения:

L=20\*lg p/po,(11.3)

где po - пороговое значение звукового давления, (2\*10-5Па)

L=20\*lg 8/2\*10-5=124

Согласно [35] допустимый уровень звукового давления в производственном помещении составляет 110 дБ для восьмичасового рабочего дня.

Следовательно, требуемое снижение уровня звукового давления составляет:

LТР=L-LДОП,(11.4)

LТР=124-110=14 дБ

Таким образом необходимое снижение уровня звукового давления составляет 14 дБ.

**заключение**

На основе анализа литературных источников и патентных исследований был определен прототип аппарата, который использован как основа для проектирования. В состав спроектированного устройства включен электронный таймер, с помощью которого задается время процедур.

Исходя из анализа современных устройств для лечебного и терапевтического воздействия была разработана структурная схема устройства, которая включает в себя следующие блоки: задающий генератор, электронный таймер реального времени, электронный ключ, дешифратор, формирователь импульсов, генератор управляемый напряжением (ГУН), усилитель мощности (УМ), счетчик, модулятор, блок индикации режима работы, излучатель.

Были произведены расчеты основных параметров схемы: трансформатора, который имеет следующие габаритные размеры 50x30x30 мм и коэффициент трансформации N=0,07; задающего генератора (частоту модуляции счетчика) и электронного таймера; электрические параметры усилительного выходного каскада.

Так как к разрабатываемому устройству не предъявляется повышенных требований к диапазону рабочих температур и других дестабилизирующих факторов, то в приборе применены дешевые электрорадиоэлементы, имеющие малые габариты и потребляемую мощность.

Выполнен расчет компоновочных характеристик и обоснование конструкторского исполнения устройства.

Физиотерапевтическое устройство технологично в изготовлении в условиях мелкосерийного производства с программой выпуска до 1000шт/год. Комплексный показатель технологичности составил 0,85. Время восстановление вполне удовлетворительное (1,26 часа) для такого класса устройств. Вероятность безотказной работы с учетом восстановления 0,678. Полученные данные удовлетворяют требованиям ТЗ по надёжности.

В данном дипломном проекте разработана двухсторонняя печатная плата устройства, выполненная комбинированным позитивным методом из стеклотекстолита СФ2-35-1.5.На плате размещены 220 металлизированных отверстий диаметром 1мм и 4 крепежных - диаметром 3.2мм. Ширина печатных проводников 1 мм, а в узких местах - 0.5 мм. По плотности монтажа соответствует второму классу точности. Трассировка ПП выполнена с помощью P-CAD 8.5.

Разработан технологический процесс сборки платы устройства, который состоит из 12 операций, выполняемых частично с применением полуавтоматического оборудования.

Разработан комплект технологических документов на технологические процессы сборки, монтажа и контроля с применением ЭВМ.

Проведено технико-экономическое обоснование дипломного проекта, в результате которого по предложенной программе при изготовлении физиотерапевтического устройства в течении пяти лет прибыль составит 1040000 руб. Изложены вопросы охраны труда и экологической безопасности.

Разработанное устройство является переносным прибором, к которому с помощью кабеля подключаются сменные излучатели. Прибор можно использовать не только в лечебно-профилактических учреждениях, но и в домашних условиях.

Преимуществами разработанного устройства, при проведении физиотерапевтических процедур, по сравнению с существующими приборами, являются схематическая простота при широких функциональных возможностях (генерация сигнала постоянной частоты, частотная модуляция выходного сигнала, частотно-импульсная модуляция), возможность плавной регулировки частоты, малые габаритные размеры и масса.