

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Біотехнічних систем

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізований апарат для дистанційної літотрипсії

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РБм-61

спеціальності 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Бугальська Т.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Яворська Є.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Паляниця Ю.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Яворська Є.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Чайковський А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Біотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Яворська Є.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Бугальській Тетяні Орестівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізований апарат для дистанційної літотрипсії

Керівник роботи Яворська Євгенія Богданівна, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «02» листопада 2020 року № 4/7-793

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Вимоги замовника, технічні умови, технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина

2. Основна частина

3. Науково-дослідна частина

4. Спеціальна частина

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Зелінський І.М., доц. каф. ПВ		
	Стадник І.Я., проф. каф. ОХ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання		
2	Аналіз завдання		
3	Виконання розділу 1		
4	Виконання розділу 2		
5	Виконання розділу 3		
6	Виконання розділу 4		
7	Виконання розділу 5		
8	Оформлення пояснювальної записки		
9	Оформлення графічного та презентаційного матеріалу		
10	Попередній захист		
11	Захист		

Студент

(підпис)

Бугальська Т.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Яворська Є.Б.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бугальська Тетяна Орестівна. Модернізований апарат для дистанційної літотрипсії. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 163 – біомедична інженерія, ТНТУ, Тернопіль, 2020.

В роботі проведено аналіз технічного завдання, аналітичний огляд відомих рішень та вибір напрямку дослідження, розроблено математичну модель ударної хвилі у вигляді імпульсу звукової хвилі, проведено конструкторський аналіз схемо-технічних рішень та параметричний синтез модернізованого пристрою, розроблено конструкцію пристрою.

Ключові слова: математична модель, ударно-хвильова літотрипсія, мікроконтролер.

ANNOTATION

Bugalska Tatiana Orestivna. Upgraded device for extracorporeal lithotripsy. - Manuscript.

Master's qualification work in specialty 163 - biomedical engineering, TNTU, Ternopil, 2020.

The paper analyzes the terms of reference, an analytical review of known solutions and the choice of research direction, a mathematical model of a shock wave in the form of a sound wave pulse is developed, a design analysis of technical solution schemes and a parametric synthesis of a modernized device is carried out, a device design is developed.

Key words: mathematical model, shock wave lithotripsy, microcontroller.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Аналіз технічного завдання	9
.....99.....	
1.2 Огляд відомих рішень та вибір напряму дослідження	12
1.3 Типи літотрипторів	15
1.4. Висновок до розділу 1.....	19
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	20
2.1 Конструкторська частина	20
2.2 Конструкторський аналіз схемо-технічних рішень пристрою	26
2.3 Технологічна частина	45
2.4 Висновок до розділу 2	53
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	54
3.1 Розрахунок похибки цифрової частини схеми пристрою	54
3.2 Експериментальна верифікація теоретичних результатів	56
3.4 Висновок до розділу 3	57
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.1 Охорона праці	58
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	62
4.3 Висновок до розділу 4	66
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68
ДОДАТКИ.....	71

ВСТУП

Актуальність теми. Дистанційна літотрипсія є методом вибору при лікуванні хворих на різні форми сечокам'яної хвороби. Однак, ДЛТ, як і будь-яке оперативне втручання, не гарантоване від небезпеки виникнення ускладнень, як в найближчий післяопераційний період, так і у віддалені терміни.

У 80-их роках ХХ століття фірмою Дорньє (Dornier) виготовлений та запущений в серійне виробництво перший літотриптор. В основу роботи якого було покладено електрогідравлічний принцип генерування ударно хвильового імпульсу.

До початку 90-их років у світі більшість лікувальних закладів використовували літотриптори Дорньє. Розробки спеціалістів цієї фірми і надалі є ведучими у світі літотрипсії.

Це універсальний літотриптор, обладнаний рентгендугою та ультразвуковим сканером ВК, які дозволяють прецизійно фокусувати ударно-хвильовий імпульс на камені.

Вмонтована система лазерного контролю положення рентгендуги, що значно прискорює процес наведення на камінь і забезпечує надзвичайну точність наведення, а це практично виключає можливість пошкодження прилеглих тканини, що має надзвичайне значення при розташуванні каменів в порожнині нирки.

Спеціальної конструкції стіл фірми Technix (Італія) дозволяє, окрім сеансів літотрипсії, виконувати допоміжні лікувально-діагностичні процедури (ретроградну уретеропієлографію, стентування сечоводів, перкутанну пункційну нефростомію і т.п.) під контролем рентгену та ультразвуку.

Однією з переваг даного літотриптора є велика робоча дистанція, тобто характеристика, що показує наскільки глибоко від поверхні тіла може проникнути ударно-хвильовий імпульс, що важливо при літотрипсії у хворих з ожирінням.

Апарат дозволяє вибирати оптимальні режими і оперативно їх корегувати в ході літотрипсії.

Мінімальні больові відчуття в ході літотрипсії не вимагають загального обезболення чи перідуральної анестезії.

Ефективність лікування досягає 72-74 % для каменів сечоводів і 90-94 % для ниркових каменів. Процент повторних сеансів не перевищує 27%, а потреба в додаткових методах лікування виникає рідше ніж в 22%.

Таким чином тема кваліфікаційної роботи магістра є актуальною.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є модернізація апарату для дистанційної літотрипсії..

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

- провести аналітичний огляд відомих рішень для вибору напряму досліджень;
- розробити математичної моделі біомедичних процесів та сигналів у пристрої;
- провести конструкторський аналіз схемо-технічних рішень та параметричний синтез модернізованого пристрою;
- розробити конструкцію пристрою.

Об'єкт дослідження: процес дистанційної ударно-хвильової літотрипсії.

Предмет дослідження: прототип літотриптора.

Методи дослідження побудовано на базі методів системного аналізу та прийняття рішень в медицині, теорії сигналів.

Практичне значення одержаних результатів. Модернізований пристрій та його застосування уможливить ефективність функціонування, а також високу надійність при експлуатації.

Апробація результатів дослідження. Викладені в кваліфікаційній роботі результати доповідалися і обговорювалися на III Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (м. Тернопіль, 2020 р.).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технічного завдання

Ультразвукові методи діагностики довгий час базувались перш за все на використанні ехо-імпульсного принципу, т.т. на використанні сигналів, які поступають із досліджуваного середовища після його опромінення хвилевим пакетом. Однак об'єм даних у прийнятих аналогових сигналах є досить великий, а це приводило до використання лише невеликої частини інформації за рахунок застосування самих простих методів цифрової обробки сигналів. В той же час, за відносно короткий проміжок часу ультразвукова діагностика пройшла шлях від одновимірної ехографії, яка надавала не зовсім достатню інформацію, до складного сканування в режимі реального часу, що давало змогу візуалізувати не лише органи і системи, а також їх структурні елементи.

Ультразвукова діагностика є неінвазивним та неруйнівним методом дослідження внутрішніх органів пацієнта. У випадку, коли необхідно провести зміну властивостей внутрішніх органів людини або хірургічне втручання без пошкодження зовнішніх тканин, ультразвук також знайшов своє застосування. Розрізняють ультразвукову хірургію і літотрипсію.

Літотрипсія – подріблення каменів жовчного або сечового пухиря за допомогою сфокусованого ультразвуку, що дає можливість проводити без оперативного втручання лікування пацієнта. Цей напрямок досить активно розвивається. Більше того даний метод також використовується для видалення інших небажаних жорстких утворень всередині людського організму, наприклад, для дезінтеграції сольових відкладень. Операція проводиться без оперативного втручання і не потребує від пацієнта тривалого перебування у стаціонарі.

Пристрій для ультразвукової літотрипсії призначений для консервативного лікування хворих з «камінцями» в сечових каналах в умовах лікарень, клінік і поліклінік. Лікування гіпотоній і гіпототорних дискенезій внутрішніх органів

виконується утворенням в тілі пацієнта механічних коливань частотою $2.7 \text{ кГц} \pm 0.2 \text{ кГц}$ у вигляді імпульсів тривалістю 9 мс і з періодом повторення 200 мс .

Забезпечення ефективності функціонування, а також високої надійності. Величини якими характеризується робота пристрою: потужність споживання 500 мВт , напруги які виробляються $+27\text{В}$, -27В , $+22\text{В}$, -22В , $+15\text{В}$, $+9\text{В}$.

Технічні параметри пристрою:

Максимальна амплітуда струму через звукову котушку, А	...	7.4 ± 1.8
Максимальна амплітуда струму через котушку підмагнічування, А	...	8 ± 3
Частота біполярних імпульсів, кГц	...	2.7 ± 0.2
Період повторення пачок, мс	...	200 ± 30
Тривалість пачок, мс	...	9 ± 1.5
Напруга живлення, В	...	220 ± 22
Частота живлення, Гц	...	50 ± 0.5
Температура навколишнього середовища, °С	...	від -10 до $+35$
Середній термін служби, роки	...	5
Річна програма випуску	...	1500

Аргументи, щодо конструкції пристрою. Електрична принципова схема виконана на друкованих платах які повинні бути розміщені у корпусі $235 \times 175 \times 95$.

Забезпечення електромагнітної сумісності, теплової стійкості, вібраційної стійкості, надійності.

Пристрій відноситься до класу наземна апаратури, групи стаціонарна, підгрупи професійна [1].

По категорії кінематичного виконання пристрій належить виконанню УТ для районів з помірними кліматом з середньорічними екстремумами температури -45°C , $+45^\circ\text{C}$.

По категорії розміщення – пристрій призначений для експлуатації в закритих приміщеннях з звичайною вентиляцією без кондиціонерів (лікарнях, поліклініках).

Відповідно відносячи пристрій до даних категорій, встановлених стандартами відповідні норми і вплив температури, верхня робоча межа « $+40^\circ\text{C}$ », нижня межа « -10°C », середня температура « $+25^\circ\text{C}$ ». Вплив відносної вологи 98% при « $+25^\circ\text{C}$ ».

Враховуючи вище приведені умови експлуатації і категорії розміщення модернізований пристрій належить до I групи (клас: наземна, група: стаціонарна, підгрупа: професійна, вид: медична, пристрій функціональної діагностики) [1].

Дана розробка повинна відповідати нормативним умовам:

1. Відсутність резонансу в конструкції при діапазоні частот «від 10Гц до 30Гц», вібропереміщення «від 0,5 до 0,8 мм $\pm 15\%$ ».
2. Міцність при транспортування в упаковочному виді. Тривалість ударно імпульсу «від 5 до 10 мс», пікове прискорення імпульсу « $50\pm 25\%$ », число ударів у хвилину «від 40 до 80», загальне число ударів 13000.
3. Теплостійкість – робоча температура « $+55^{\circ}\text{C} \pm 3\%$ ».
4. Холодостійкість – робоча температура « $5^{\circ}\text{C} \pm 3\%$ » гранична температура – « $40^{\circ}\text{C} \pm 3\%$ ». Вологостійкість: відносна вологість 80% при температурі 25°C .

Норми, щодо надійності пристрою враховуючи умови експлуатації, категорії розміщення, типу виробу, елементної бази, середнє напрацювання на відмову 2500 год., середній час роботи 7 років, час відновлюваності 0,1-1,0 год [2].

При модернізації необхідно дотримуватись норм ергономіки, естетики:

1. Антропологічним вимогам: степені відповідності силовим, швидкісним, рецепторним можливостям людини-оператора.
2. Психологічним вимогам: степені відповідності пристрою, зберігати і переробляти інформацію.
3. Гігієнічним умовам, які характеризують безпосередній вплив середовища, використання. Всі ці умови повинні бути виконані для забезпечення зручної і швидкої роботи з пристроєм.

При модернізації повинні бути дотримані умови, щодо технологічності і уніфікації апаратури, тобто сукупність властивостей конструкції, які визначають її пристосованість до раціонального використання трудових і інтелектуальних ресурсів при підготовці виробництва і промислового випуску в загальному об'ємі, а також при технічному обслуговуванні і ремонті в процесі експлуатації.

Так як пристрій взаємодіє з людиною, то необхідно суворе дотримання правил техніки безпеки. Зокрема струм який подається на людину в даному випадку постійний не повинен перевищувати 150мкА., а напруга 36В.

Необхідним являється захист особи, що експлуатує пристрій від елементів схеми [3].

При модернізації даного пристрою необхідно дотримуватися всіх вище приведених технічних вимог, виконання яких являється суттєвим.

1.2 Огляд відомих рішень та вибір напрямку дослідження

Дистанційна ударнохвильова літотрипсія (ДУХЛТ) – сучасний метод безконтактного дріблення твердих утворень ударними хвилями у сечовивідних каналах людини. Джерелом генерування ударних хвиль є електромагнітна котушка. Вона трансформує електромагнітні хвилі в акустичні (ударні), які проходять через тіло пацієнта та фокусуються на об'єкті (тверді утворення). Під впливом ударних хвиль він подрібнюється безпосередньо всередині організму внаслідок ефекту «кавітації», решту «фрагменти та пісок» виводяться самостійно по сечовивідних каналах. Дана процедура є практично безболісною для людини [3].

Для виявлення та локації джерела ударних хвиль використовується Rg апарат чи ультразвуковий сканер. Так, можна виявити різного роду (за структурою та складом) тверді утворення у сечовивідних каналах.

У пристрої, ударні хвилі формуються електродинамічним способом. Рух мембрани виникає внаслідок дії імпульсного магнітного поля, а породжують ударну хвилю її коливання, у заповненій водою трубці. Акустична лінза здійснює фокусування хвилі. Налаштування на необхідну глибину і вплив на людину відбувається з використанням головки, яка генерує ударні хвилі та розміщується під столом пацієнта) [3].

Шляхом 2-площинного просвічування Rg-променями встановлюється місце знаходження твердого утворення: горизонтальні координати визначаються за допомогою вертикально спрямованого випромінювання, за допомогою каудіокраніального випромінювача (кут його нахилу 45) визначають вертикальні координати камінця [3].

Щоб мінімізувати дозу Rg-випромінювання подаються короткі імпульси, внаслідок чого Rg-зображення зберігаються в пам'яті пристрою [3].

У результаті високоточної відповідності площин Rg-випромінювача та точного фокусування ударних хвиль досягається значна взаємодія ударних хвиль із твердим утворенням. Визначення положення твердого утворення та суміщення його з фокусом проводиться вручну або з використанням комп'ютера (розміщенням відповідних маркерів на моніторі) [3].

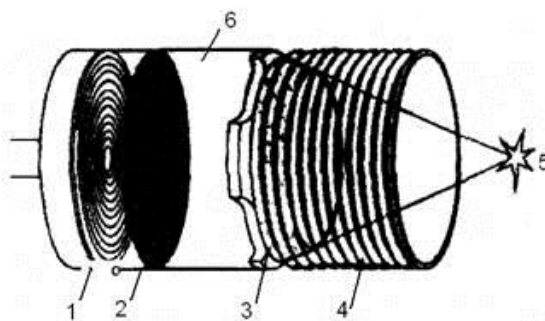


Рис. 1.1 – Літотриптор: 1 – електрична котушка; 2 – мембрана; 3 – акустична лінза; 4 – надувний мішок; 5 – фокус ударних хвиль [3].

Високу роздільну здатність зображення, його підсилення та контрастність досягається за допомогою відеопідсилювача із CsJ-відиконом. Деталювання зображення можна здійснити шляхом зміни розмірів вікна, таким чином, внаслідок додаткової контрастності, є можливість фіксації на Rg знімку камінців, які утворюють навіть незначне затінення плівки (див. рис. 1.2, [3]).

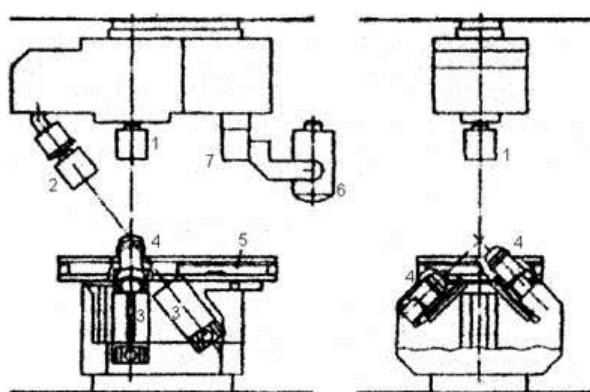


Рис. 1.2 – Літотриптор (вигляд спереди та збоку): 1 – Rg випромінювач (площина 1); 2 – Rg випромінювач (площина 2, під кутом 45°); 3 – відео підсилювач; 4 – ударно хвильова головка; 5 – касета з рентгенівською плівкою; 6 – верхній ударно хвильовий модуль; 7 – штатив верхнього модуля [3].

Рух головки для генерації ударних хвиль (модуль верхнього столу) здійснюється за використання карданного привода. Її розташовують в залежності від місця розміщення камінця. Для збільшення точності позиціонування всередині головки влаштований перетворювач тиску (див. рис. 1.3, [3]).

По центру головки вмонтовано ультразвуковий секторний аплікатор (т.з. локатор). Шляхом його обертання (з використанням мотору) отримується просторове зображення обстежуваної ділянки. В залежності від розміщення твердого утворення можливо переміщувати аплікатор і систему генерування ударних хвиль (див. рис. 1.4, [3]).

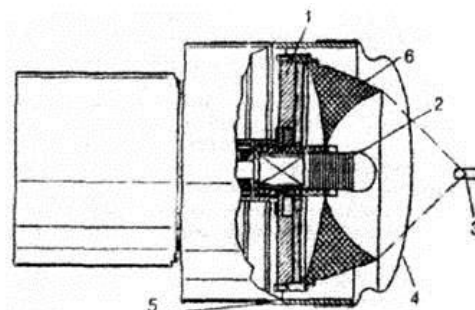


Рис. 1.3 – Генеруюча головка (верхній модуль): 1 – перетворювач тиску; 2 – ультразвуковий аплікатор; 3 – фокус; 4 – контактна площа; 5 – корпус головки, 6 – фокус-лінза [3].

Після приблизного позиціонування є можливість збільшення точності локації. При цьому, відносно вертикалі, нахиляють апарат для генерування ударних хвиль, його розміщення в І головці, і, таким чином, переміщують фокус по горизонталі [3].

Контроль процесу руйнування твердих утворень та їх місцезнаходження визначають за допомогою ультразвукового зображення, маркування напрямку випромінювання і положення фокусу [3].

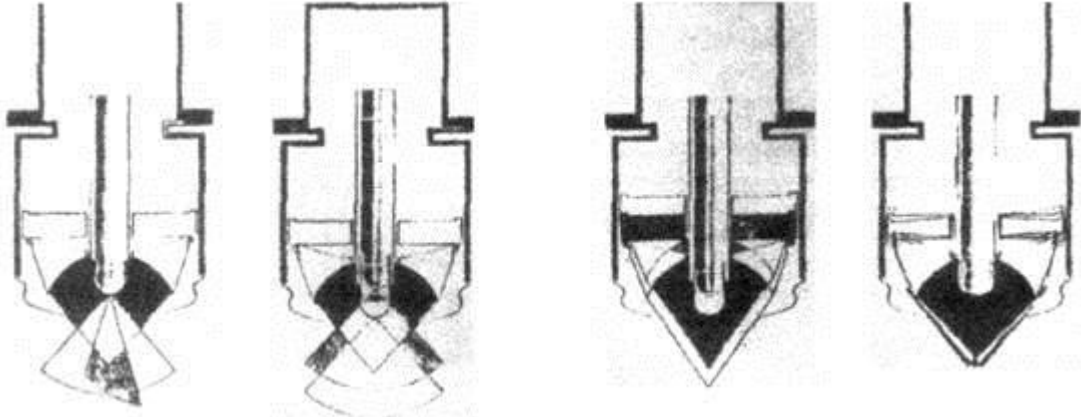
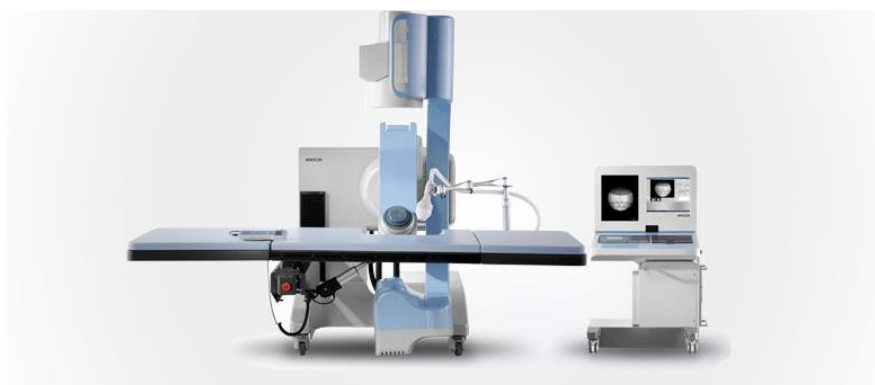
Секторний ультразвуковий аплікатор		Ударно-хвильова головка	
обертання мотору навколо поздовжньої осі	пересуванням мотору в напрямку поздовжньої осі	обертання мотору навколо поздовжньої осі	коливання відносно поздовжньої осі
			

Рис. 1.4 – Схематичне зображення дії ультразвукового аплікатора та ударно хвильової головки [3]

1.3. Типи літотрипторів.

Екстракорпоральний ударно-хвильової літотриптор НК.ESWL-Vm – це новітня розробка в області безконтактної літотрипсії.

Точний, компактний, мобільний, універсальний, легкий у використанні літотриптор, є зразковим варіантом обладнання, яке використовується в літотрипсії.



Характеристики:

- електромагнітний ударно-хвильової генератор з тривалим терміном служби;

- унікальна моторизована ударно-хвильова головка, що дозволяє проводити процедури в різних положеннях: зверху і знизу столу;
- зручний для користувача пульт управління і система управління столом;
- компактна конструкція на коліщатах;
- зручний стіл, який ідеально підходить для проведення екстракорпоральної ударно-хвильової літотрипсії та ендouroлогічних процедур;
- ультразвуковий сканер для виведення якісного зображення з можливістю використання окремо від системи;
- неінвазивний втручання без використання анестезії;
- цифровий архів і система захоплення зображення.

Переваги:

- стабільний фокус і плавна передача ударно-хвильової енергії;
- мінімальна витрата часу на проведення процедури;
- максимальний комфорт пацієнта;
- гнучкий і легкий удар;
- легкий у використанні;
- максимально мобільний;
- максимальне повернення інвестицій;
- швидка обробка і передача даних.

Ударно-хвильової генератор:

- електромагнітний або електрогідролічний генератор передає постійною і потужною енергією;
- низький відсоток повторних процедур;
- мінімальний ударно-хвильової ресурс для проведення екстракорпоральної ударно-хвильової літотрипсії.

Стіл для пацієнта:

- моторизований стіл з 6 напрямками руху, ідеальний для проведення екстракорпоральної ударно-хвильової літотрипсії;
- можливо використовувати як операційний стіл.

Подвійний режим зображення:

- одинарний режим зображення використовується як для рентгена, так і для ультразвукового сканера;
- подвійний режим зображення використовується опціонально;
- ультразвук дозволяє виявити локалізацію каменів і проводити постійний моніторинг;
- запатентований цифровий архів і система захоплення зображення.

Екстракорпоральний ударно-хвильової літотріптор НК.ESWL-V складається з різних компонентів, які можна використовувати разом або окремо, що дозволяє виконати індивідуальні вимоги лікарів. Це обладнання дозволяє максимізувати ефективність лікування в лікарнях і клініках. Система DAAS забезпечує детальну звітність і може бути інтегрована в інформаційну систему клініки.



Характеристики:

- електромагнітний ударно-хвильової генератор з тривалим терміном служби;
- унікальна моторизована ударно-хвильова головка, що дозволяє проводити процедури в різних положеннях: зверху і знизу столу;
- зручний для користувача пульт управління і система управління столом;
- компактна конструкція на коліщатах;
- зручний стіл, який ідеально підходить для проведення екстракорпоральної ударно-хвильової літотрипсії та ендouroлогічних процедур;

- ультразвуковий сканер для виведення якісного зображення з можливістю використання окремо від системи;

- неінвазивний втручання без використання анестезії;

- цифровий архів і система захоплення зображення.

переваги:

- стабільний фокус і плавна передача ударно-хвильової енергії;

- мінімальна витрата часу на проведення процедури;

- максимальний комфорт пацієнта;

- гнучкий і легкий удар;

- легкий у використанні;

- максимально мобільний;

- максимальне повернення інвестицій;

- швидка обробка і передача даних.

Поворотний рентген і C-arm:

- поворотний рентген і C-arm для зручного і легкого розміщення;

- точне розміщення гарантується вбудованою ізоцентричною ударно-хвильовою голівкою і рентгеном.

Операційна система:

- пульт і система управління столом;

- зручний для користувача монітор з високою роздільною здатністю;

- інтернаціональний стандартний операційний інтерфейс і кнопки мають тривалий термін служби.

Стіл для пацієнта:

- моторизований стіл з 6 напрямками руху, ідеальний для проведення екстракорпоральної ударно-хвильової літотрипсії;

- можливо використовувати як операційний стіл.

Подвійний режим зображення:

- одинарний режим зображення використовується як для рентгена, так і для ультразвукового сканера;

- подвійний режим зображення використовується опціонально;

- ультразвук дозволяє виявити локалізацію каменів і проводити постійний моніторинг;
- запатентований цифровий архів і система захоплення зображення.

Можливості ланцюжка нелінійних процесів, що генеруються при взаємодії лазерного випромінювання з речовиною, лежать в основі застосування лазерного хірургічного комплексу «Лазурит» для лікування сечокам'яної хвороби. Він може служити як скальпелем-коагулятором, так і літотриптором, тобто приладом для фрагментації каменів при сечокам'яній хворобі. У літотрипторі комплексу використовується твердотільний лазер, що генерує мікросекундні імпульси основної довжини хвилі 1079.6 нм і другої гармоніки 539.8 нм. Двохвильовий лазерне вплив мікросекундної тривалості дозволяє реалізувати механізм фрагментації каменів, заснований на світлогідравлічному ефекті – генерації ударних хвиль при взаємодії лазерного випромінювання з рідиною.

1.4 Висновок до розділу 1.

У розділі на основі аналітичного огляду відомих пристроїв для ударно-хвилевої літотрипсії та аналізу технічного завдання до кваліфікаційної роботи встановлено підстави для модернізації пристрою. Вихідним документом для модернізації є технічне завдання. Вимоги, що ставляться до конструкції апарату визначаються його областю застосування, умовами експлуатації, типом виробництва. Ці вимоги зведені у технічному завданні на розробку.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Конструкторська частина

2.1.1 Особливості роботи пристрою. Для підвищення ККД, зменшення споживаної потужності, габаритів і ваги стимулятора напруги на звукову котушку і котушку підмагнічування випромінювача подаються у виді імпульсів, змінюючи тривалість яких змінюють діючі значення струмів через котушки випромінювача і, тим самим, інтенсивність випромінювання.

Блок-схема апарату приведена на кресленні (див. ДОДАТОК __). Імпульси з виходів портів мікропроцесора надходять на входи ключів. Умовні діаграми напруг на виходах окремих блоків приведені на рис. 2.1.

На виході порта P1.5. мікропроцесора формуються пачки імпульсів тривалістю 9 мс із періодом повторення 200 мс, заповнених прямокутними імпульсами з частотою повторення 2,7 кГц, причому тривалість цих імпульсів можна регулювати за допомогою перемикача потужності. Імпульси на одному з виходів формувача звукових імпульсів (рис. 2.1, а) зрушені щодо імпульсів на іншому виході (рис. 2.1, б) на половину періоду їхнього повторення, тобто на 185 мкс.

Імпульси з виходу порта P1.5. мікропроцесора надходять на керуючі входи ключів 1 і 2, другі входи яких підключені до виходів джерела живлення різної полярності, а виходи з'єднані між собою. Напруга на виходах ключів 1 і 2 при підключенні до них активного навантаження зображене на (рис. 2.1, в). Змінюючи за допомогою перемикача потужності тривалість імпульсів на виході порта P1.5. мікропроцесора, можна змінювати тривалість позитивних і негативних імпульсів ключів 1 і 2 і тим самим амплітуду першої гармоніки й інтенсивність випромінюваних звукових коливань.

Виходи ключів 1 і 2 через конденсатор підключені до звукової котушки випромінювача. Величина конденсатора вибирається така, щоб частота настроювання послідовного резонансного контуру, утвореного конденсатором і індуктивністю звукової котушки випромінювача, була близька до частоти випромінюваних звукових коливань, у результаті чого амплітуда напруги на звуковій котушці стає більше амплітуди імпульсів на виходах ключів 1 і 2.

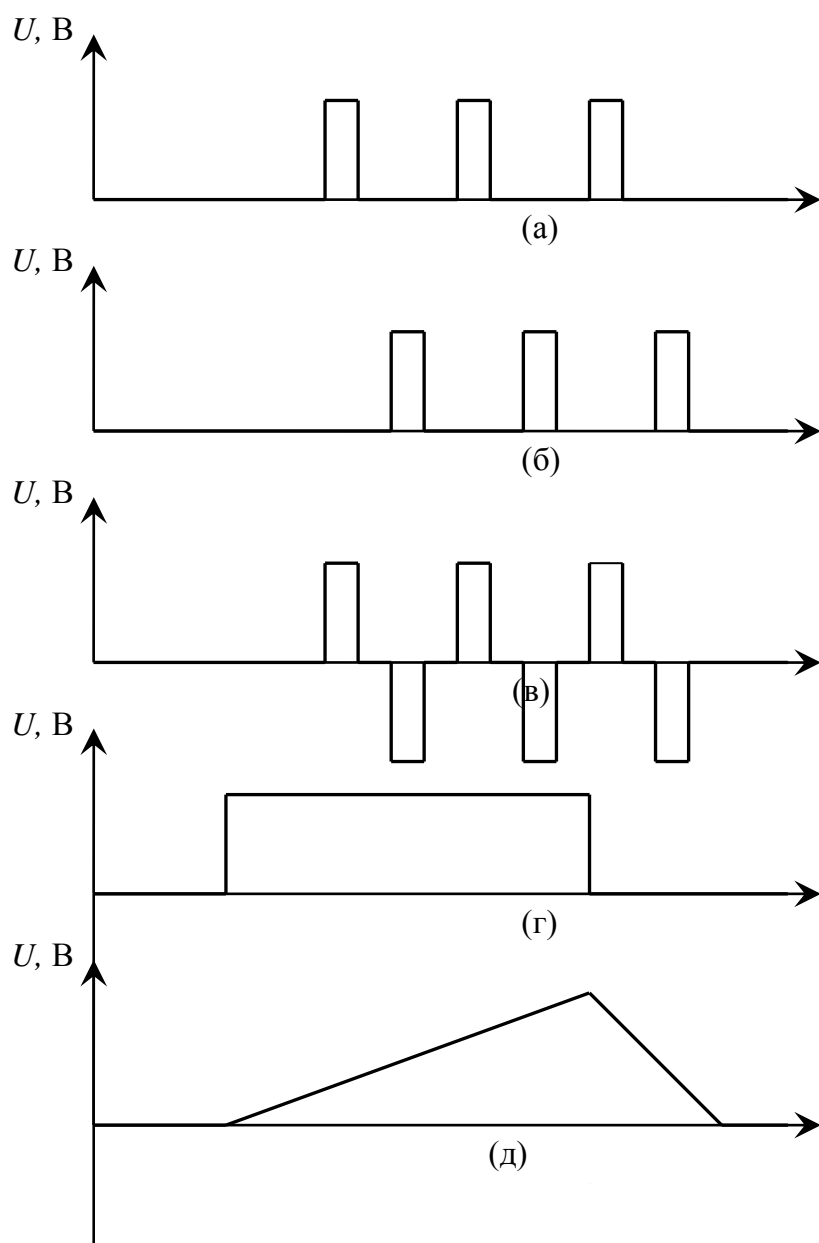


Рис. 2.1 – Умовні діаграми напруг на виходах окремих блоків пристрою

Вихід порта P1.6. мікропроцесора з'єднаний з керуючим входом ключа 3, другий вхід якого з'єднаний з негативним виходом джерела живлення, а вихід - з котушкою підмагнічування випромінювача.

На виході порта P1.6. мікропроцесора формуються прямокутні імпульси (див. рис. 2.1, г), що починаються раніше початку пачок імпульсів на виходах порта P1.5. мікропроцесора і закінчуються трохи раніш їхні закінчення, що зв'язано з тим, що магнітний потік через магнітопровід випромінювача (рис.2.1, д) порівняно повільно наростає і спадає. Регулюючи тривалість імпульсів підмагнічування за допомогою регулятора потужності, можна змінювати величину струму підмагнічування в момент формування звукових імпульсів і тим самим розширити діапазон регулювання інтенсивності випромінювання. Імпульсний режим роботи котушки підмагнічування дозволяє істотно зменшити температуру нагрівання випромінювача струмом підмагнічування, зменшити габарити випромінювача і споживану потужність.

Для зменшення споживаної потужності й обмеження амплітуди імпульсів на котушці підмагнічування після закривання ключа 3 вихід ключа 3 і котушка підмагнічування через діод VD5 підключаються до джерела живлення «+22 В». У результаті частина енергії, запасеної в магнітному полі, повертається в джерело живлення «+22 В». Для обмеження зростання напруги «+22 В» при невеликих значеннях потужності, споживаною звуковою котушкою при положеннях перемикача потужності, використовується ключ 4, що включається в цих випадках і збільшує потужність, споживану від джерела живлення «+22В».

2.1.2 Схемотехнічні та конструкторські рішення, що піддаються модернізації. Насамперед пропонується замінити силові тиристори VS1 та VS2 та оптопари типу ТО125-10, що являють собою оптотиристори з максимальним прямим струмом 10 А. Використання оптотиристорів дозволить спростити кола керування ними, а саме зменшити число транзисторних ключів керування. Так, можна буде виключити зі схеми транзистори VT11 та VT16, а транзистори VT12 та VT15 використати пеншої потужності. Такі рішення призведуть до зменшення маси, габаритів нового блоку та

його собівартості. Але найбільшою перевагою таких рішень стане реалізація гальванічної розв'язки кіл керування та силових кіл схеми електричної принципової.

Також в роботі пропонується замінити стабілізатор живлення, виконаний на елементах VT17, R32, VD11 та C12 на інтегральний стабілізатор. Внаслідок цього також зменшаться маса та габарити блоку.

2.1.3 Розроблення математичної моделі. Коливальні процеси охоплюють великий круг явищ, для яких характерно повторення їх параметрів через певні проміжки часу. Будь-яке коливання зв'язане з порушенням рівномірностану системи і виражається в відхиленні її характеристик від рівнозначних значень.

Прикладом коливального процесу можуть служити звукові хвилі.

Звуком називають механічне коливання пружного (твердого, рідкого, газоподібного) середовища, яке веде за собою виникнення в ньому послідовно чергуючих ділянок стискування і розтискування.

Якщо провести різке зміщення частинок пружного середовища в одному місці, наприклад з допомогою поршня, то в цьому місці підвищується тиск. Виходячи з цього пружним зв'язком частинок тиск передається на сусідні частинки які своєю чергу, діють на слідуючі. Таким чином, область підвищеного тиску, якби переміщується в пружному середовищі. За областю підвищеного тиску слідує область пониженого тиску. Якщо ж проводити неперервні зміщення частинок пружного середовища з певною частотою, то здійснюється ряд чергуючих областей стискання і розтискання, які поширюються у середовищі у вигляді хвиль. Кожна пружна частинка пружного середовища в цьому випадку буде здійснювати коливальні рухи, зміщуючись то в одну то в іншу сторону від початкового положення як це описано в літературі [4].

Ударні хвилі є акустичними хвилями. Акустичні хвилі являють собою зміни (варіації) тиску і щільності, які відбуваються в середовищі, наприклад, в газі, рідині або в твердому тілі.

Акустичні хвилі поширюються в середовищі за допомогою чергування розширення (декомпресія) і стиснення (компресія) середовища, в якій вони

поширюються. Найпростіший вид акустичних хвиль - це періодичні синусоїдальні коливання.

Ударна хвиля являє собою механічну (акустичну) хвилю, яка може поширюватися тільки в середовищі, наприклад, в газі, рідині або твердому тілі. Ударні хвилі, які використовуються в медицині, генеруються у воді і підводяться до пацієнта, який здебільшого складається з води.

Для підведення ударної хвилі необхідна контактна середовище (ультразвуковий гель або інші аналогічні матеріали).

Коли коливання обмежена коротким проміжком часу, воно називається акустичним імпульсом. Прикладом можуть служити діагностичні ультразвукові прилади.

Ударна хвиля - це дуже короткий акустичний імпульс. На фронті хвилі позитивний тиск зростає за дуже короткий проміжок часу від навколишнього тиску до максимального. Потім настає коротка фаза розрядки.

Сьогодні для дистанційної літотрисії зазвичай використовуються амплітуди тиску в діапазоні від 10 МПа і до більш ніж 100 МПа (мега паскаль, 1 МПа = 10 бар, тобто майже 10-кратний атмосферний тиск).

Імпульс звуковий хвилі – кількість руху, якою володіє звукове поле в заданому об'ємі. Поняття імпульсу звукової хвилі має сенс для хвилі, яка займає кінцеву область простору, ніде не обмеженого перешкодами. Щільність імпульсу звукової хвилі, тобто імпульс одиниці об'єму, дорівнює

$$j = \rho \cdot v = \rho_0 \cdot v + \rho' \cdot v, \quad (2.1)$$

де v – коливальна швидкість частинок, ρ – щільність середовища в даній точці простору в даний момент, ρ_0 - щільність середовища в стані спокою, ρ' – зміна щільності, обумовлена наявністю звукової хвилі. Щільність імпульсу звукової хвилі збігається з щільністю потоку маси. Вектор j орієнтований у напрямку коливальної.

швидкості. У разі поздовжньої хвилі в ізотропному середовищі величину j можна виразити через щільність потоку звукової енергії q як

$$j = \rho_0 \cdot v + \frac{q}{c^2} = \rho_0 \cdot \nabla \varphi + \frac{q}{c^2}, \quad (2.2)$$

оскільки $\rho' = \frac{q}{c^2}$ і $q = p \cdot v$ (тут p – звуковий тиск, c – швидкість звуку, j – потенціал швидкостей в звуковому полі). Повний імпульс звукової хвилі J отримують інтегруванням величини j по всьому об'єму V середовища, зайнятого хвилею

$$J = \int_V j dV. \quad (2.3)$$

З виразу (2.2) отримуємо, що

$$J = \int_V q dV, \quad (2.4)$$

оскільки перший член (2.2), будучи перетворений в інтеграл по обмеженій поверхні, перетворюється в нуль. Таким чином, звукова хвиля, яка розповсюджується в середовищі несе з собою не тільки енергію, але й імпульс (т.т. Кількість руху). Щільність потоку імпульсу є тензорною величиною. Законом збереження імпульсу звукової хвилі обумовлені такі ефекти, як тиск звукового випромінювання, акустичні потоки та ін. [4].

Характерні особливості ударної хвилі [4]:

- швидке зростання тиску (до <10 нс);

- дуже великий надлишковий тиск (500 бар);
- дуже мала тривалість (дуже маленька амплітуда, часто <10 мкс);
- наявність паузи розрідження;
- широкий спектр частот.

Розроблюваний пристрій діє звуковими імпульсами на камінці в сечовому каналі частотою 2.7 кГц. Незалежно від локалізації камня в сечовому каналі озвучення поразеної нирки і верхніх сечових каналів проводиться шляхом зовнішньої аплікації випромінювача звуку на шкіру поясної області пацієнта між 12 ребром і піддихальною кісткою.

Під час курсу звукової стимуляції разом з поступовим покращенням уродинаміки верхніх сечових шляхів зникає характерна для хворих камнями сечових каналів тупа біль або відчуття «тяжості» в проекції поразеної нирки. Це пояснюється покращенням руху сечі і зменшенням внутрішнього тиску.

Дані проведення дослідів свідчать також, що в деяких випадках після курсу звукової стимуляції після періоду покращення функція поразеної нирки може знову погіршитись.

У випадку її погіршення може бути проведений ще один курс звукової стимуляції верхніх сечових каналів.

2.2 Конструкторський аналіз схемо-технічних рішень пристрою

2.2.1. Розробка схеми електричної принципової. Пристрій містить нестабілізоване джерело живлення, виконане на силовому трансформаторі Т1, діодних містках VD9 – VD10 і конденсаторах С7 – С11, С13, С16, що формують нестабілізовані напруги +22В і +27В. Стабілізатор напруги +5В виконаний на DA1, VD11, С12, С14, С19 – С20. Для обмеження струму короткого замикання в колекторний ланцюг транзистора VT19 включений резистор R45.

Імпульси з виходу P1.4 мікропроцесора надходять на ключ 1, реалізований на транзисторах VT5-VT8 а імпульси з виходу P1.5 мікропроцесора надходять на ключ 2, реалізований на транзисторах VT1 -

VT4, VT9. При відсутності імпульсів на вході емітерного повторювача VT5 транзистори VT6-VT8 закриті. При надходженні позитивних імпульсів транзистори VT6-VT8 входять у режим насичення, і за допомогою транзистора VT8 звукова котушка випромінювача (через конденсатори C4, C5) підключається до напруги "+22 В".

При відсутності імпульсів на вході емітерного повторювача VT1 транзистор VT2 відкритий струмом через резистор R3, а транзистори VT3, VT4, VT9 закриті. При надходженні позитивних імпульсів транзистор VT2 закривається; транзистор VT3 відкривається струмом через резистор R4; транзистори VT3, VT4, VT13 входять у режим насичення, і звукова котушка випромінювача (через конденсатори) підключається до напруги "-22В".

Діоди VD3 обмежують викиди напруги, що виникають після закривання транзисторів VT8, VT9 внаслідок індуктивного характеру опору звукової котушки випромінювача. За допомогою резистора R17 підтримується напруга на виході близьким до нульового при закритих транзисторах VT8, VT9.

Ключ 3 реалізований на транзисторах VT12-VT16. При відсутності імпульсів на виході P1.7 мікропроцесора, транзистор VT13 відкритий, а транзистори VT14-VT16 закриті. З виходу P1.7 мікропроцесора позитивні імпульси через емітерний повторювач VT12 надходять на базу транзистора VT13 і закривають його: транзистори VT13-VT16 відкриваються, і через транзистор VT16 котушка підмагнічування підключається до джерела живлення "-22В". Тік через котушку підмагнічування під час імпульсу лінійно наростає. Після закінчення імпульсу на виході P1.7 мікропроцесора транзистори VT13-VT16 закриваються, і струм через котушку підмагнічування починає спадати, протікаючи через діод, що відкрився, VD5 у джерело живлення "+22В" і заряджаючи конденсатори C4, C5. При цьому частина енергії, запасеної в магнітному полі, повертається в джерело

живлення. Напруга на котушці підмагнічування .при цьому перевищує напруга джерела живлення "+22 В" на величину спадання напруги на діоді VD5.

При положеннях перемикача потужності "1", "2", "3", енергія, що повертається в джерело живлення "+22В" котушкою підмагнічування, може виявитися більше енергії, споживаної іншими елементами схеми від джерела живлення "+22В", і напруга на конденсаторах С4, С5 може вирости до дуже великих величин. Для виключення цього явища під час стимуляції, сигнал з виходу Р1.6 мікропроцесора через емітерний повторювач VT10 відкриває ключ 4 (VT11) і з його допомогою до джерела живлення "+22В" додатково під'єднує резистор R21.. Крім того, для захисту від збільшення напруги джерела живлення "+22В"у випадку несправності схеми паралельно джерелу живлення включені стабілітрони VD6-VD8, що починають пропускати через себе струм при збільшенні напруги джерела живлення до 25-28В.

Установка часу включення стимуляції здійснюється за допомогою кнопок.

2.2.2 Параметричний синтез пристрою.

Вибір елементної бази. Під елементною базою розуміють електрорадіоелементи, які входять в перелік елементів принципової електричної схеми пристрою. При виборі елементної бази для побудови РЕМА до них ставлять наступні вимоги:

- мінімальні габарити і маса;
- висока надійність і довговічність;
- уніфікація.

На сьогоднішній день все більшого розвитку, як в схемотехнічному плані, так і в плані технології, набуває вдосконалення елементної бази РЕМА. На даному етапі широко використовуються інтегральні мікросхеми, мініатюрні плівкові радіоелементи, засоби програмного керування – мікропроцесори, мікроконтролери, які значно покращують експлуатаційні характеристики, функціональні можливості і масогабаритні показники проектованої апаратури будь-якого класу.

Для ключа 1, реалізованого на транзисторах VT5 – VT8. В якості VT5 використовуємо транзистор КТ315 з такими параметрами:

– вихідний опір, Ом	40
– гранична частота коефіцієнта передачі, МГц	250
– коефіцієнт передачі струму, h_{21c}	50 ÷ 350
– ємність колекторного переходу, пФ	500
– зворотній струм колектора $U_{КБ}$, В	1/10
– зворотній струм емітера $U_{ЕБ}$, В	30/5
– коефіцієнт шуму, дБ	500
– температура навколишнього середовища	+100÷-50

В якості VT6, VT7 вибираємо транзистори n-p-n типу КТ815 з такими параметрами:

– гранична частота коефіцієнта передачі, МГц	3
– ємність колекторного переходу, пФ	60
– зворотній струм колектора $U_{КБ}$, В	0.05/40
– напруга колектора U_K , В	2
– струм колектора I_K , А	0.15
– температура навколишнього середовища	+100÷-40

В якості VT8 вибираємо транзистор p-n-p типу КТ818 з такими параметрами:

– гранична частота коефіцієнта передачі, МГц	3
– коефіцієнт передачі струму, h_{21c}	≥15
– ємність колекторного переходу, пФ	-
– зворотній струм колектора $U_{КБ}$, В	1/40
– струм колектора I_K , А	5
– напруга колектора U_K , В	5
– температура навколишнього середовища	+100÷-40

Ключ 2 реалізований на транзисторах VT1 –VT4, VT9. В якості VT1 берем КТ315Г, VT3 – КТ502В, VT4 – КТ814Б параметри яких описані вище.

Транзистор VT2 вибираємо р-п-р типу КТ361Б, який є добрим підсилювачем ВЧ, і має такі параметри:

– гранична частота коефіцієнта передачі, МГц	250
– коефіцієнт передачі струму, h_{21E}	50 ÷ 350
– ємність колекторного переходу, пФ	9
– зворотній струм колектора U_{KB} , В	1/20
– загальний тепловий опір, °С/мВт	0.67
– температура навколишнього середовища	+100÷-60

В якості VT9 вибираємо транзистор КТ819В п-р-п переходу, який застосовується безпосередньо для ключів, який має такі параметри:

– гранична частота коефіцієнта передачі, МГц	3
– коефіцієнт передачі струму, h_{21E}	≥12
– зворотній струм колектора U_{KB} , В	1/40
– струм колектора I_K , А	5
– напруга колектора U_K , В	5
– температура навколишнього середовища	+100÷-40

Ключ 3 реалізований на транзисторах VT12 – VT16, параметри яких вже описані вище.

Для стабілізації напруги на схемі використовуємо стабілітрони, напруга на яких зберігається із визначеною точністю при протіканні через них струму в заданому діапазоні. У стабілітронів робочим являється робочий учасок вольт – амперної характеристики. Важливим параметром стабілітрона являється температурний коефіцієнт стабілізації. В якості стабілітронів для схеми, вибираємо Д814Б:

– напруга стабілізації, В	8 ÷ 9.5
– максимально допустимий прмий струм, мА	50
– диференціальний опір, Ом	10
– температурний коефіцієнт стабілізації, %/°С	+0.08
– максимально допустима розсіювана потужність, Вт	0.34
– температура навколишнього середовища	+100÷-60

В якості випрямляючого діода вибираємо КД212Б. Він призначений для випрямлення змінного струму низької частоти. Діод розрахований на прямий струм від десяти долей ампера до десятків ампер при падінні напруги до 1.5В.

В якості VD2 і VD4 вибираємо високочастотні діоди КД522Б – універсального призначення: для випрямлення струмів в широкому діапазоні частот, для модуляції детектування і інших нелінійних перетворень.

Для забезпечення опору вибираємо резистори типу МЛТ. Вони характеризуються високою стабільністю параметрів, слабкою залежністю опору від частоти і напруги, і високою надійністю. Температурний коефіцієнт стабільності резисторів типу МЛТ не перевищує 0.02%/°С.

В якості контролера в даному пристрої використовуємо мікропроцесор фірми Atmel AT89LS8252 серії MCS51. Ця серія досить широко використовується в різних серіях керування. Така популярність обумовлена гнучкою структурою, яка лежить в основі цієї серії, можливістю виконувати арифметичні операції, а також можливістю оперувати як байтами даних, так і бітовими величинами. Мікропроцесор AT89LS8252 має наступні технічні характеристики:

- 8 кБайт флеш – пам'яті;
- можливість перепрограмування – 1000 циклів;
- 2 кБайта EEPROM з можливістю перезапису до 100000 циклів;
- напруга живлення від 4 до 6 В;
- максимальна частота тактового генератора, з якою може працювати мікропроцесор становить 24 МГц;
- 256 байт внутрішньої оперативної пам'яті;
- 32 програваних ліній вводу/виводу;
- встроєна система відстежування "зависання" мікроконтролера, так звана схема Watch Dog;
- три 16 – бітних таймера/лічильника та інші.

Звичайно, тут приведені не всі характеристики даного мікропроцесора. Та й не всі з вище наведених використовуються в даному пристрої. Однак це дає широкі можливості для подальшої його модернізації.

2.2.3 Розробка конструкції пристрою.

Розрахунок механічної міцності конструкції пристрою. Під міцністю розуміють здатність виробу під дією навантаження чинити опір руйнуванню будь-якого виду. Розрізняють об'ємну міцність, яка характеризується наявністю в деталі точок, які витримують напружений стан і знаходяться на значній віддалі одна від одної і місця прикладання навантаження; та контактну або поверхневу міцність, яка визначається напруженням малого об'єму деталі, а при недостатній контактній міцності проходять руйнування поверхні деталі. Якщо навантаження створює змінні в часі напруження, то говорять про циклічну міцність.

Несучі конструкції типу плат, шасі, каркасів працюють також в умовах вібрацій, тому вони повинні задовольняти вимоги вібростійкості [5].

Метою розрахунку є визначення діючих на елементи пристрою навантажень при дії ударів і вібрацій, та оцінка можливості роботи пристрою в заданих умовах. Проектований пристрій відноситься до класу переносної апаратури, допустимі механічні навантаження для якої складають: вібрація в діапазоні частот 10-60 Гц з прискоренням 2g; удари тривалістю 10 мс з прискоренням 10g.

Розрахунок ударної міцності. Ударні впливи на пристрій характеризуються формою і параметрами ударного імпульсу. Згідно вимог механічного впливу при транспортуванні пристрій повинен витримувати ударні міцності тривалістю 10 мс, пікове прискорення $Mg=10g$. Максимальний вплив на апаратуру має імпульс прямокутної форми, тому проведемо розрахунок ударної міцності конструкції до дії саме таких впливів [5].

Умовна частота ударного імпульсу:

$$W = \frac{\pi}{\tau}, \quad (2.5)$$

τ - тривалість ударного імпульсу, $\tau=10$ мс

$$W = \frac{3.14}{10 \cdot 10^{-3}} = 314 \text{Гц}.$$

Коефіцієнт передачі під час удару:

$$K_y = 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2\nu}\right) \quad (2.6)$$

де ν - коефіцієнт розладки;

$$\nu = \frac{w}{2\pi \cdot f_0}, \quad (2.7)$$

підставивши значення одержимо:

$$\nu = \frac{314}{2 \cdot 3.14 \cdot 160} = 0.3125$$

$$K_y = 2 \cdot \sin\left(\frac{3.14}{2}\right) = 1.9$$

Ударне прискорення пристрою:

$$a_y = H_y \cdot K_y \quad (2.7)$$

$$a_y = 1.9 \cdot 10g = 19g$$

Максимальне відносне переміщення

$$Z_{\max} = \frac{2H_y}{2\pi f_0} \sin\left(\frac{\pi}{2\nu}\right) = \frac{a_y}{2\pi f_0} \quad (2.8)$$

$$Z_{\max} = \frac{19 \cdot 9.8}{2 \cdot 3.14 \cdot 160} = 0.18 \text{ мм}$$

Умова ударної міцності для радіоелементів має вигляд:

$$a_y < a_{y\text{до}} \quad (2.9)$$

$a_{y\text{до}}$ - допустиме прискорення удару, $a_{y\text{до}} = 20g$.

Для друкованої плати умова ударної міцності має вигляд (2.9). Враховуючи (2.8):

$$Z_{\max} < 0.0036 \quad (2.10)$$

$$Z_{\max} = 0.18 < 0.27 \text{ мм}$$

Оскільки усі умови виконуються, то можна зробити висновок, що пристрій задовольняє вимогам ударної міцності і придатний для роботи при дії допустимих ударів і транспортування.

Розрахунок вібростійкості. Джерелом вібрації даного пристрою являється трансформатор – перетворювач постійної напруги.

Для забезпечення вібростійкості пристрою необхідно перевірити, щоб резонансна частота плати (саме це місце являється найслабшим у пристрої) не співпадала з частотою роботи трансформатора, що можливо, як в нижні частоти, так і у верхні відносно робочої частоти трансформатора.

Для знаходження резонансної частоти плат слід скористатися формулою

$$f = \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_e}{m_n}}} \right] \left(\frac{\pi}{4\sqrt{3}} \right) \left(\frac{\lambda S}{B} \right) \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.11)$$

де m_e – маса навісних елементів; m_n – маса ДП; S – товщина плати; B – більша сторона плати; E – модуль Юнга матеріалу плати (для фольгованого) $3,2 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$; ρ

– густина матеріалу плати $2,5 \cdot 10^3$ кг/м³; λ – коефіцієнт залежний від способу закріплення ДП в даному випадку друкована плата закріплена у чотирьох точках, а тому $\lambda = 1$.

Для знаходження резонансної частини друкованої плати, знаходяться проміжні величини.

Маса всіх елементів рівна сумі кожного окремого елемента друкованої плати. В даній конструкції одна з плат кріпиться до іншої на якій знаходиться трансформатор.

$$m_e = 2 \cdot 0,3 \text{ г} + 0,4 \text{ г} + 3 \cdot 0,5 \text{ г} + 4,5 \text{ г} + 0,6 \text{ г} + 4 \cdot 0,85 \text{ г} + 10 \text{ г} + 210 \text{ г} + 15 \text{ г} + 40 \text{ г} + 60 \text{ г} + 45 \text{ г} = 201 \text{ г}.$$

В якості матеріалу для друкованої плати використовується СФ-2-35 товщина плати з фольгою становить 2,5 мм, товщина фольги становить 35 мкм.

Маса друкованої плати на якій кріпиться верхня плата знаходиться за наступним виразом

$$m_n = \rho_n \cdot V_n \quad (2.12)$$

$m_n = 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³ · 0,000019937 м³ = 50 гр. Відношення меншої сторони до більшої становить $\Delta = 0,3793$.

Товщина плати $S = 2,5$ мм, більша сторона друкованої плати рівна $B = 0,14$ м. Підставляючи знайдені і задані дані обчислюємо:

$$f_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 4,02}} \right) \cdot 0,45 \cdot (1 + 0,14) \left(\frac{0,0025}{0,01196} \right) \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^{10}}{2,5 \cdot 10^3}} = 145 (\text{мГц})$$

Легко порівняти обчислене резонансне значення частоти друкованої плати 145 мГц; частоти роботи трансформатора 50 кГц. Отже вібростійкість пристрою забезпечена шляхом зміцнення резонансної частоти плати в область низьких частот відносно робочої частоти трансформатора.

Розрахунок резонансної частоти для плати вимірювальної схеми аналогічний:

$$m_e = 36 \cdot 0,3 \text{ г} + 11 \cdot 0,5 \text{ г} + 4 \cdot 1 \text{ г} + 6,5 \text{ г} + 0,8 \text{ г} + 3 \cdot 0,4 \text{ г} = 28,8 \text{ г}.$$

Використовуючи (2.11)

$$M_{\text{п}} = 145 \text{ гр}$$

$$\Delta = 0,9$$

$$B = 0,16 \text{ м}$$

$$f_0 = \frac{1}{\sqrt{\frac{28.8}{145}}} \left(\frac{\pi}{4\sqrt{3}} \right) (1 + 2 \cdot 0.16) \left(\frac{0.0025}{0.0256} \right) \sqrt{\frac{3.2 \cdot 10^3}{2.5 \cdot 10^3}} = 0.8 \text{ мГц}$$

Як видно резонансна частота для плати із вимірювальною схемою становить 0,8 мГц, яка є зміщена в область низьких частот по відношенню до робочої частоти трансформатора.

Вібростійкість, в цілому, пристрою забезпечена.

Розрахунок теплового режиму. Для теплового розрахунку необхідно знати допустимі значення виділеного тепла та окремих елементах, а також на вузлах схеми.

У частині «аналіз надійності» схеми проведена перевірка на завантаженість елементів. Обчислення показали, що ні один із елементів схеми не працює у критичному стана, а тому немає необхідності в розрахунку теплового режиму окремих елементів схеми.

Для розрахунку теплового режиму роботи трансформатора слід зауважити, що теплота яка виділяється йде на нагрівання не лише зони трансформатора, а й на нагрівання корпусу пристрою [6].

Для перевірки допустимої температури корпусу скористаємося виразами:

$$q_k = \frac{P_0}{S_0} \quad (2.13)$$

$$q = \frac{P_0}{S_s} \quad (2.14)$$

де P_0 – розсіювана трансформатором потужність; S_k – площа поверхні корпусу пристрою.

$$S_k = 2[l_1l_2 + (l_1 + l_2)l_3] \quad (2.15)$$

де l_1, l_2, l_3 – відповідно довжина, ширина, висота основи пристрою; S_3 – умовна поверхня потрібної зони.

$$S_3 = 2[l_1l_2 + (l_1 + l_2)l_3K_3] \quad (2.16)$$

де K_3 – коефіцієнт заповнення об'єму. Відомо, що потужність якою володіє трансформатор рівна:

$$P_0 = 600 \text{ мА} \cdot 6 \text{ В} = 3,6 \text{ Вт}$$

площа поверхні екрану:

$$S_k = 2[0,235 \cdot 0,175 + (0,235 + 0,175) \cdot 0,095] = 0,16 \text{ м}^2$$

$$S_3 = 2[0,03 \cdot 0,035 + (0,03 + 0,035) \cdot 0,035 \cdot 1] = 0,007 \text{ м}^2$$

Використовуючи (2.13) і (2.14) знаходимо:

$$q_k = \frac{3,6 \text{ Вт}}{0,16 \text{ м}^2} = 22,48$$

$$q_3 = \frac{3,6 \text{ Вт}}{0,007 \text{ м}^2} = 541,35$$

Перегрів корпусу знаходиться з виразу:

$$\nu_1 = 0,1472q_k - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot q_k^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} q_k^3 \quad (2.17)$$

$$\nu_1 = 0,1472 \cdot 22,5 - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot 22,5^2 + 0,312 \cdot 10^{-6} \cdot 22,5^3 = 3,2^\circ\text{C}$$

Перегрів нагрітої зони визначається:

$$\nu_2 = 0.139 \cdot q_3 - 0.1223 \cdot 10^{-3} q_3^2 + 0.0698 \cdot 10^{-6} q_3^3$$

$$\nu_2 = 0.139 \cdot 541 - 0.1223 \cdot 10^{-3} \cdot 29268 + 0.0698 \cdot 10^{-6} \cdot 158340421 = 50.4^\circ\text{C}$$

Перегрів загальної зони в загальному випадку визначається, як:

$$\nu_3 = \nu_1 K_{H1} (\nu_2 - \nu_1) K_{H2}, \quad (2.18)$$

де перший доданок є перегрів, $\nu_2 K_{H1}$ – перегрів корпусу:

$$\nu_k = \nu_1 K_{H1} \quad (2.19)$$

Коефіцієнт визначається тиском повітря зовні,

$$K_{H1} = 0.82 + \frac{1}{0.925 + 4.6 \cdot 10^{-5} \cdot H1} \quad (2.20)$$

K_{H2} залежить від тиску середовища всередині пристрою,

$$K_{H2} = 0.8 + \frac{1}{1.25 \cdot 3.8 \cdot 10^{-6} H2}, \quad (2.21)$$

де H_1 і H_2 – атмосферні тиски зовні і в середині пристрою. З виразів (2.20) і (2.21) знаходимо:

$$K_{H1} = 0.82 + \frac{1}{0.925 + 4.6 \cdot 10^{-5} \cdot 10^5} = 1$$

$$K_{H2} = 0.8 + \frac{1}{1.25 + 3.8 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5} = 1.41$$

З виразів (2.18) і (2.19) знаходиться перегрів нагрітої зони.

$$v_3 = 3,2 \cdot 1 + 47,2 \cdot 1,413 = 19,6^{\circ}\text{C}$$

$$v_k = 1 \cdot 3,2 = 3,2^{\circ}\text{C}$$

Для отримання даних визначається перегрів повітря в корпусі пристрою:

$$v_B = 0,5(v_k + v_3) \quad (2.22)$$

$$v_B = 0,5(3,2 + 19,6) = 11,4^{\circ}\text{C}$$

Для знаходження температури повітря в корпусі пристрою:

$$T_B = v_B + T_c \quad (2.23)$$

$$T_B = 11,4 + 293 = 304,4^{\circ}\text{C}$$

Знаходження температури корпусу:

$$T_3 = v_k + T_c \quad (2.24)$$

$$T_3 = 3,2 + 293 = 296,2$$

Знаходження нагрітої зони:

$$T_3 = v_3 + T_c \quad (2.25)$$

$$T_3 = 19,6 + 293 = 312,6$$

Як видно з обчислення (2.18), (2.19), (2.20) трансформатор не підвищує суттєвого розбалансування, як температурні у цілому корпусі так і в заданій зоні. А тому для його функціонування не потрібно додаткових пристроїв.

Розрахунок електромагнітної сумісності пристрою. Під електромагнітною сумісністю розуміють вплив, як зовнішніх та і внутрішніх електромагнітних шумів на роботу електричної схеми пристрою, а також її вплив на роботу інших пристрійів та пристроїв [7].

Даний пристрій призначений для експлуатації опалюваних надземних та

підземних спорудах (зокрема і лікарнях, кабінетах фізіотерапевтичного призначення).

Джерелом електромагнітного випромінювання являється трансформатор у схемі перетворення постійної напруги.

В якості захисту роботи електричної схеми від впливу трансформатора, використовується прямокутний екран. Розміри екрана становлять 35×30 мм. Для забезпечення ефективного екранування віддаль від стінок екрана зовнішньої частини трансформатора повинна становити не менше 5...10% габаритних розмірів трансформатора. Отже так як екран прямокутної форми то дану умову слід виконати для більшої сторони екрану. Віддаль від стінки екрану до зовнішньої частини трансформатора становить 9 мм, а діаметр трансформатора становить 12 мм, отже дана накладна умова виконується.

В якості матеріалу для екрану використовується .

Робоча частина трансформатора становить 50 кГц зауважимо, що трансформатор не працює у максимально можливому режимі навантаження.

В даному випадку використовується електромагнітний вид екранування. Для визначення глибини проникнення вихрового струму використовується вираз [8]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu \gamma}} \quad (2.26)$$

де $\omega = 2\pi f$; $\mu = \mu_0 \mu_r$ – магнітна екрану; γ = питома провідність матеріалу екрану. Для пермалоевого екрану $\gamma = 1.54 \cdot 10^4$; $\mu_r = 12000$, $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-8}$, $f = 50$ кГц, отже

$$\sigma = \sqrt{\frac{2}{2 \cdot 3.14 \cdot 1.26 \cdot 10^{-8} \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 1.54 \cdot 10^4}} = 1.6 \text{ мм}$$

Використовуючи екран з товщиною стінки 2 мм можна ефективно екранувати даний трансформатор, що і використовується в даній конструкції.

Для розрахунку ефективності екранування використовується вираз [8],

$$\mathcal{E} = \sqrt{1 + \left(\frac{\omega \mu_0 \Gamma D d}{2m} \right)^2} \quad (2.27)$$

Де d – товщина стінок екрана; D – ширина прямокутного екрана; m – коефіцієнт форми екрана, для прямокутного приймається рівний 1.

Даний екран має товщину стінки $d = 0,2$ см; $D = 3$ см.

Ефективність екрану становить:

$$\Theta = \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 1,54 \cdot 10^4 \cdot 3 \cdot 0,2}{2 \cdot 1} \right)^2} = 14,5 \cdot 10^8$$

Як видно з обчислених результатів використаний екран є високоефективним так як ефективність екрана рівна $14,5 \cdot 10^8$. Це видно із того, що напруженість магнітного поля зменшується в e раз на віддалі 1,6 мм, що є меншою товщини стінки екрану.

Розрахунок надійності. В процесі виробництва необхідно періодично підтверджувати відповідність параметрів РЕЗ, в тому числі і параметрів надійності, вимогам технічних умов. Формування вимог до надійності проводиться з умов експлуатації виробу. При цьому повинні бути враховані всі погіршуючі її процеси, які можливі на протязі всього життєвого циклу виробу від розробки до експлуатації. Надійність виробу (пристрою) визначається в основному вже на стадіях його розробки і конструювання [9].

Надійністю називається здатність пристрою (елемента чи системи) виконувати задані функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і транспортування на протязі необхідного інтервалу часу. Надійність є складною комплексною властивістю, яка визначається безвідмовністю в роботі, довговічністю, ремонтпридатністю і збереженням [10].

В основу розрахунку надійності по раптових експлуатаційних відмовах покладений принцип визначення показників надійності системи за характеристиками надійності комплектуючих елементів, що дозволяє вести розрахунок в процесі проектування апаратури, виходячи з надійності елементів і вузлів.

Раптові експлуатаційні відмови являють собою раптові відмови повноцінної за надійністю РЕА, які виникають в період нормальної експлуатації, коли

напрацювання пристрою вже закінчилося, а зношування і природне старіння ще не настали. Раптові експлуатаційні відмови обумовлені чисто випадковими факторами, такими як приховані внутрішні дефекти, які не можуть бути виявлені встановленою системою технологічного контролю; малоімовірні, і тому не передбачені схемою і конструкцією відхилення режимів роботи, узгодження параметрів, концентрації зовнішніх навантажень і внутрішніх напружень; помилки операторів в період експлуатації. В силу перерахованих причин поява таких відмов принципово неусувна і рівномірна в часі: $\lambda = const$.

При визначенні надійності системи $p_c(t)$ через відомі показники надійності її елементів вводять два припущення: відмови елементів статистично незалежні, що дає нам відносно реально існуючої системи оцінку “знизу”; відмова будь-якого елемента призводить до відмови системи (таку систему в теорії надійності називають послідовною). Прийняті припущення дозволяють використати теорему множення ймовірностей [10].

Підставивши вираз для ймовірності безвідмовної роботи $p_c(t) = \exp(-\lambda_0 t)$ і згрупувавши рівнонадійні елементи, отримаємо:

$$p_c(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right), \quad (2.28)$$

де λ_{0j} - ймовірність відмов j -ої групи;

N_j - число елементів j -ої групи;

m - число рівнонадійних груп.

Надійність системи деколи оцінюється за інтенсивністю відмов системи:

$$p_c(t) = \exp(-\lambda_c t) \quad (2.29)$$

Порівнюючи вирази (1.28) і (1.29) отримаємо:

$$\lambda_c = \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j \quad (2.30)$$

звідки можна розрахувати середню наробку на відмову системи

$$T_{cp.c.} = T_{oc} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \lambda_{0j} \cdot N_j} \quad (2.31)$$

Значення λ_0 для різних типів елементів вибираємо з таблиці 4.1 [10, ст.97].

При уточненому розрахунку надійності враховують зовнішні впливи, вплив теплових і електричних навантажень елементів пристрою. Розрахунок проводять за виразом

$$\left. \begin{aligned} p_c(t) &= \exp(-k\lambda t \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j), \\ \lambda_j &= \alpha_j \lambda_{0j}, k\lambda = k\lambda_1 \cdot k\lambda_2 \cdot k\lambda_3 \end{aligned} \right\} \quad (2.32)$$

де λ_j – інтенсивність відмов елементів j -ої рівнонадійної групи при експлуатації в заданих умовах;

λ_{0j} - те саме при експлуатації в номінальному режимі;

α_j - поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов j -ої групи, що враховує вплив температури навколишнього середовища і електричне навантаження елемента. Поправочний коефіцієнт враховує умови експлуатації РЕМА:

$k\lambda_1=1,07$ – вплив механічних факторів (вібрації, ударні навантаження);

$k\lambda_2=1,0$ – вплив кліматичних факторів (температура, вологість);

$k\lambda_3$ - умови роботи при пониженому атмосферному тиску, $k\lambda_3=1,07$ (вибираємо з таблиць 4.3, 4.4, 4.5 відповідно [10, с.100-101]).

Значення поправочного коефіцієнта α в залежності від температури і коефіцієнт навантаження k_n приведені в таблиці 4.2 [10, с.100].

Визначення λ_j може бути виконане і по більш грубій методиці, при якій враховують тільки електричне навантаження елементів

$$\lambda_j = \lambda_{0j} \cdot k_n \quad (2.33)$$

Значення коефіцієнта k_n отримують з таблиці 4.6 [10, с.101].

Уточнений розрахунок надійності проводять також у формі

$$T_{ср.с.} = \frac{1}{k\lambda \cdot \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j} \quad (2.34)$$

Значення λ - характеристик та поправочних коефіцієнтів для елементів, що входять до складу пристрою, зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 2.1 – Інтенсивність відмов електрорадіоелементів в номінальному режимі та поправочні коефіцієнти α_j

Найменування елемента	Інтенсивність відмов, $\lambda_0, 10^{-6}, 1/\text{год.}$	Поправочний коефіцієнт, λ_j	Число рівнонадійних елементів, N
Резистор постійний металоплівковий	0.1	0,82	32
Конденсатор постійної ємності з оксидним діелектриком	0.75	0,9	14
Конденсатор постійної ємності плівковий (73)	0.45	2	2
Конденсатор постійної ємності керамічний (КМ)	0.25	0,62	6
Інтегральні мікросхеми	0.35	0,61	3
Трансформатор	0.5	2,5	1
Стабілітрони	0.35	0,7	6
Діод	0.4	1,3	5
Транзистор малої потужності високої частоти	0.65	0,85	19
Роз'єм	0.23	0,5	3
Друкована плата	0.1		1
Пайка з'єднувальна	0.0022		
Запобіжник плавкий	0.46		2
Елементи кріпильні і монтажні	0.14		5
Корпус	0.8		1

Результати наближеного розрахунку:

$$p_c(t) = 0.92;$$

$$T_{cp.c} = 12365,5 \text{ год.}$$

Результати уточненого розрахунку:

$$p_c(t) = 0.93;$$

$$T_{cp.c} = 14469,4 \text{ год.}$$

Отже, середній час наробки на відмову, обчислений в даному підрозділі, не є меншим від заданого в технічному завданні.

2.3 Технологічна частина

2.3.1 Розрахунок конструкції приладу на технологічність. Під технологічністю конструкції виробу, розуміють відповідність конструкції всім вимогам до виробу та можливість її виготовлення з використанням найбільш економічного і технологічного процесу. Забезпечення технологічності конструкції одна з головних функцій під час підготовки виробництва. Вона передбачає взаємозв'язане вирішення конструкторських та технологічних задач в напрямку підвищення продуктивності праці, досягнення трудових та матеріальних витрат, скорочення часу на виробництво та технологічне обладнання.

Для оцінювання технологічності конструкції виробу є два шляхи, а саме, її якісна і кількісна оцінка. Елементи та вузли (ВЕТ), з яких складається виріб, стандартизовані і уніфіковані, тобто у випадку поломки виробу можна легко замінити необхідну деталь чи елемент. Аналогічно, при необхідності ремонту виробу, його можна розібрати та отримати доступ до місця поломки або до ВЕТ, який вийшов з ладу, з метою їх заміни чи ремонту.

Друкований вузол виконано на друкованій платі матеріал виготовлення якої є склотекстоліт. Склотекстоліт в порівнянні із гетинаксом має більш високу міцність при стисканні, а також є теплостійким та має мінімальне водопоглинання. Не

дивлячись на те, що гетинакс є дешевшим, вигідніше використати матеріал негігроскопічний і механічно стійкий.

Тому, друковану плату пропонується виконати на склотекстоліті марки СФ-2-35-1.5 комбінованим позитивним способом.

Комбінований позитивний спосіб – комбінований процес, на першій стадії якого виконується попереднє осадження металу на стінки просвердлених отворів, а на наступних – вибіркове осадження металу на поверхню провідного рисунка і стінки отворів, які піддають металізації, та видалення фольги із пробільних ділянок.

Технологічний процес виготовлення ДП базовим комбінованим позитивним способом: вхідний контроль фольгованого діелектрика; одержання заготовок; одержання фіксуючих і технологічних отворів; одержання отворів, що підлягають металізації; механічна зачистка поверхні; хімічне та попереднє гальванічне міднення; підготовка поверхні; формування захисного рельєфу; гальванічне міднення; нанесення захисного покриття (покриття сплавом олово-свинець); видалення захисного рельєфу; травлення міді та освітлення захисного покриття; оплавлення захисного покриття; гальванічне покриття кінцевих друкованих контактів; обробка контуру; нанесення знаків маркування; технічний контроль ДП; нанесення захисного технологічного покриття.

Корпус пристрою виконаний у вигляді двох кришок. В якості матеріалу для кришок використовується ударостійкий полістирол МА5. Використання даного матеріалу забезпечує стійкість до ударів, а також незначну масу приладу.

У нижній кришці передбачені отвори з різьбою для закріплення ДП гвинтами. Також передбачені отвори для закріплення верхньої і нижньої кришок між собою. Із зворотної сторони кришки по вершинам розміщуються ніжки в центрі кожної з яких висвердлені отвори кріплення кришок гвинтами.

Верхня кришка має отвори з різьбою для кріплення до неї нижньої, а також отвори на кріплення органів керування і розміщення цифрового табло.

Для забезпечення щільності прилягання нижньої кришки до верхньої передбачено пази, що розташовуються по периметру кожної з кришок.

У нижній кришці передбачена область обмежена стінками для розташування вздовж периметру кожної з кришок.

Розміщення елементів на друкованих платах і розміщення самих плат пов'язано наступним чином.

Всі вузли схеми розташовані на даній платі, крім вузла кнопочної клавіатури і індикаторного табла.

Індикаторне табло і кнопочна клавіатура розміщуються на окремій платі завдяки чому досягається зменшення площі приладу і раціональне використання коефіцієнта заповнення, так як на тій же висоті відносно нижньої кришки знаходяться елементи керування, цим самим досягається раціональне використання об'єму.

Більшість ВЕТ виробу пристосовані до механічного, тобто автоматизованого монтажу на друковану плату, що підвищує автоматизацію виробництва, а це в свою чергу зменшує собівартість виробу. Для кількісної оцінки технологічності конструкції виробу, необхідно знати наступні вихідні технологічні дані, які приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 2.2 — Вихідні технологічні дані

	<i>Назва параметра</i>	Позначення	Значення
1	2	3	4
1	Кількість мікросхем і мікроборок у виробі	$H_{м.е.}$	3
2	Кількість ВЕТ у виробі	$H_{ере}$	85
3	Кількість операцій монтажу, які можна здійснити механізованим чи автоматизованим способами	$H_{н.мон}$	10
4	Кількість операцій певного типу	H_o	15
5	Кількість ВЕТ, підготовка яких може бути здійснена механізованим чи автоматизованим способом	$H_{м.підг}$	85
6	Кількість типорозмірів	$H_{т.ере}$	20

Рівень технологічності конструкції виробу визначаємо як відношення досягнутого показника технологічності до базового або нормативного:

$$K_T = \frac{K}{K_{\delta}} = \frac{K}{K_n} \quad (2.35)$$

Рівень технологічності може бути визначений на одному з кількох часткових і комплексних показників. Найбільш простим, показовим і зручним для механізації розрахункових робіт і широко розповсюджених в промисловості є метод часткових показників.

Оцінка технологічності розраховується по основним технологічним властивостям використання нормованих вузлів і деталей повторюваності ВЕТ механізацією і автоматизацією монтажу, механізацією контролю і настройки. Кожна властивість визначається у вигляді коефіцієнта.

1. Коефіцієнт використання мікросхем та мікрозборок:

$$K_{вих.ІМС} = \frac{H_{ІМС}}{H_{ІМС} + H_{ЕРЕ}} \quad (2.36)$$

де $H_{ІМС}$ – кількість мікросхем та мікрозборок у виробі;

$H_{ЕРЕ}$ – кількість ВЕТ у виробі, $H_{ЕРЕ} = 85$.

$$K_{вих.ІМС} = \frac{3}{3 + 85} = 0,034$$

2. Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу:

$$K_{м.мон} = H_{м.мон} / H_m \quad (2.37)$$

де $H_{м.мон}$ – кількість монтажних з'єднань, які здійснюються автоматизованим або механізованим методом;

H_m – загальна кількість монтажних з'єднань.

$$K_{м.мон} = 10/15 = 0,67$$

3. Коефіцієнт автоматизації і механізації підготовки ЕРЕ до монтажу:

$$K_{мп.ере.} = \frac{H_{м.підг.}}{H_{ере}} \quad (2.38)$$

де $K_{мп.ере.}$ – кількість ЕРЕ, підготовка яких до монтажу здійснюється механізованим або автоматизованим методом;

$H_{ере}$ – кількість ВЕТ у виробі.

$$K_{мп.ере.} = \frac{85}{85} = 1$$

4. Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів

$$K_{пов.ере} = 1 - \frac{H_{т.ере}}{H_{ере}} \quad (2.39)$$

де $H_{т.ере}$ – кількість типорозмірів ВЕТ, $H_{т.ере} = 20$.

$$K_{повт.ере} = 1 - \frac{20}{85} = 0,76$$

5. Коефіцієнт застосовності електрорадіоелементів:

$$K_{заст.ере} = 1 - \frac{H_{т.ор.ере}}{H_{т.ере}} \quad (2.40)$$

де $H_{т.ор.ере}$ – кількість типорозмірів оригінальних ВЕТ.

$$K_{заст.ере} = 1 - \frac{0}{20} = 1$$

6. Коефіцієнт встановлення розмірів:

$$K_{вст.роз.ере} = 1 - \frac{H_o}{H_{ере}} \quad (2.41)$$

де, H_o – кількість операцій певного типу.

$$K_{вст.роз.ере} = 1 - \frac{15}{85} = 0,82$$

Комплексний показник технологічності:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^S K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^S \varphi_i} \quad (2.42)$$

де K_i – показник технологічності;

φ_i – функція, яка враховує вагову значимість показника від його порядкового впливу на загальну технологічність;

S – загальна кількість відносних часткових показників.

Таблиця 2.3 – Показники технологічності

Показник технологічності	Коефіцієнт вагомості
<i>K_{вик.імс}</i>	<i>1,0</i>
<i>K_{а.м}</i>	<i>1,0</i>
<i>K_{мп.ере.}</i>	<i>0,75</i>
<i>K_{нов.ере.}</i>	<i>0,31</i>
<i>K_{заст.ере.}</i>	<i>0,187</i>
<i>K_{вст.роз.ере}</i>	<i>0,5</i>

$$K = \frac{0,034 \cdot 1 + 0,67 \cdot 1 + 1 \cdot 0,75 + 0,76 \cdot 0,31 + 1 \cdot 0,187 + 0,82 \cdot 0,5}{1 + 1 + 0,75 + 0,31 + 0,187 + 0,5} = \frac{2,2866}{3,747} = 0,61$$

Нормований коефіцієнт технологічності.

$$K_H = 0,5$$

$$K / K_H \geq 1$$

$$K / K_H = 0,61 / 0,5 = 1,22 \geq 1$$

Умова задовільняється.

2.3.2. Аналіз використаної елементної бази. При виборі елементної бази висуваються наступні вимоги:

- мінімальні габарити і маса;
- висока надійність і довговічність;
- уніфікація.

У кваліфікаційній роботі для розробки технологічного процесу використано елементну базу з наступними елементами: резистори С2-23; конденсатори К10-17, К50-35; діоди КД522Б, КЦ407Б, КД212А, 2С482А, КЦ407Б; мікросхеми 7805, АТ89LS8252, SN74ALS573N; транзистори КТ315, КТ361, КТ502, КТ814, КТ815, КТ818, КТ819, КТ502; кварцевий резонатор РК170.

Кінцевий вибір активних і пасивних елементів носить ітераційний характер, але завжди в першу чергу проводиться вибір пасивних елементів. При виборі елементної бази для даного блоку, було використано довідники, які дають цілісне представлення про весь арсенал компонентів, також було використано описи серійних виробів.

2.3.3. Визначення типу виробництва. При проектуванні технологічних процесів монтажу радіоелектронних засобів та їх вузлів, здійснюється вибір технологічного обладнання. При виборі технологічного оснащення перед усім звертають увагу на свою економічну доцільність для заданого типу виробництва. У відповідності з ГОСТ 14.004-83, залежно від номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску апаратури сучасне виробництво поділяють на різні типи: одиничне, серійне та масове.

Згідно з ГОСТ 3.1108-74 ЕСТД тип виробництва визначається коефіцієнтом серійності:

$$K_c = \frac{t_g}{T_{шт}} = \frac{F_{\partial} \cdot 60}{T_{шт} \cdot N} = \frac{4140 \cdot 60}{3.5 \cdot 2000} = 35.48 \quad (2.43)$$

Коефіцієнт серійності визначає кількість різних операцій з виготовлення деталі чи виробу закріплених за одним робочим місцем протягом року.

Прийняті наступні значення коефіцієнта серійності:

для масового виробництва	$K_c = 1$
для крупносерійного виробництва	$K_c = 2 - 10$
для середньосерійного виробництва	$K_c = 10 - 20$
для дрібносерійного виробництва	$K_c > 20$

Величина такту випуску розраховується за формулою

$$t_e = \frac{F_D \cdot 60}{N} = \frac{4140 \cdot 60}{2000} = 124,2 \quad (2.44)$$

де $F_D = 2070$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

$N = 2000$ – річна програма випуску деталей (виробів), шт.

Таблиця 2.4 – Дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи обладнання

Назва обладнання	В одну зміну	В дві зміни
Універсальне і спеціальне обладнання	2030	4015
Автоматичні лінії	–	3725
Робочі місця без обладнання	2070	4140

Згідно розрахованого коефіцієнту серійності дане виробництво є дрібносерійним.

Виробництво медичної апаратури характеризується предметною спеціалізацією складальних цехів, в кожному з яких здійснюється замкнутий процес складання однорідної продукції.

Ступінь типізації технічних процесів складання, програма випуску, трудомісткість складання, а також форми спеціалізації цеху та його кооперування з іншими складальними цехами підприємств.

На підприємстві серійного випуску апаратури використовуються однопредметні безперервно поточні лінії. Ритм ліній дорівнює або кратний ритму випуску предмета.

Серійне складання ведеться партіями. Після кожної операції над партією робітник переналагоджує робоче місце, що пов'язане з підготовчо-заключним часом.

Особливості кожного з видів виробництва накладають свій відбиток на характер проектування технологічних процесів. Відомо, що кожен з них вибирається з кількох можливих і повинен бути найекономнішим при реалізації. У зв'язку з цим при розробці нових та удосконаленні відомих технологічних процесів велике значення має вибір раціональних методів їх проектування.

2.4 Висновок до розділу 2

У розділі наведено конструкторську та технологічну частини. У конструкторській частині розроблено математичну модель ударної хвилі у вигляді імпульсу звукової хвилі, проведено конструкторський аналіз схемо-технічних рішень модернізованого пристрою, обгрунтовано та вибрано елементи і вузли, які уможливають роботу модернізованого пристрою. Розраховано необхідні режими роботи пристрою. У технологічній частині вибрано тип виробництва та проведені необхідні розрахунки.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок похибки цифрової частини схеми пристрою

При обробці даних мікроконтролер використовує фіксовані числа певної довжини бітів, тому досить довгі значення чисел можуть усікатися за рахунок обмеженої кількості бітів числа, внаслідок чого будуть виникати надлишкові похибки значень.

В цифровій обробці даних при обробці використовують два методи представлення чисел, з фіксованою і плаваючою точкою, які відповідно мають різні значення похибок.

При фіксованій точці довжина цілої частини і дробової буде сталої довжини, а при плаваючій точці ці довжини можуть змінюватися. Оскільки в мікроконтролері AT89S8252 довжина слова, тобто кількість біт числа, складає 8 біт. Наведемо рисунок 1, на якому умовно зобразимо суть фіксованої точки з 8 бітами, і відповідними можливими значеннями при певних точностях числення.

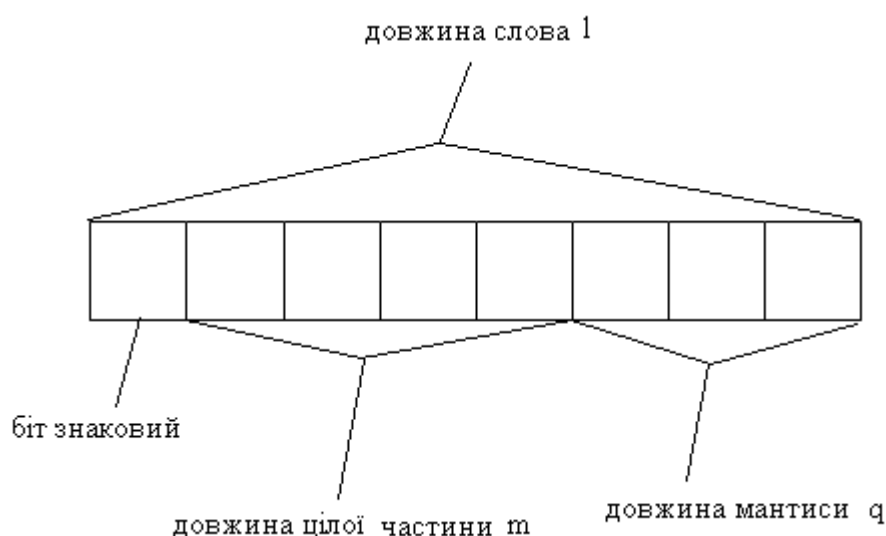


Рис. 3.1 – Представлення числа бітами з фіксованою точкою

З рисунку видно, що точність значень задається довжиною мантиси, тобто:

$$q = 2^{-q},$$

Максимальне число, яке ми можемо отримати при використанні даного методу буде рівне:

$$\max = 2^m - 1 + \sum_{i=1}^q 2^{-q}$$

Відповідно приведемо декілька прикладів похибок, які виникають при обробці даних при різних довжинах мантиси, і довжині цілої частини.

При $m = 4$, $q = 3$ і довжині слова $l = 8$, з врахуванням знакового біту, покажемо похибки, які виникають при операціях творення і множення одне на одного числа. Відповідно до формули (1) точність представлення числа буде рівною $q = 2^{-3} = 0,125$, максимальне число, яке можна буде представити, буде рівне, згідно

формули (2) $\max = 2^4 - 1 + \sum_{i=1}^3 2^{-3} = 15,875$.

Нехай задано ціле число 2,6692, проквантувавши його, з врахуванням методу округлення до більшого числа, отримаємо 2,75, в результаті похибка склала $\delta = 2,75 - 2,6692 = 0,0808$.

При округленні числа до меншого, отримаємо 2,625, в результаті чого, похибка склала $\delta = 2,6692 - 2,625 = 0,0442$

З вище приведенного скажемо, що похибка округлення даних при фіксовані точці визначається довжиною мантиси (дробової частини).

Отже можемо сказати, що точність вимірювання цифрової системи при довжині мантиси 4 біти, складе 0,0625В, при 3 бітах – 0,125В, при 2 бітах – 0,25 В і 1 біті – 0,5В. Оскільки максимальна напруга, якою працює контролер становить 5 В,

тому достатньо виділити лише 3 біти під цілу частину, яка забезпечить максимальне число цілої частини 6 В, а під мантису виділиться 4 біти, що забезпечить точність числення 0,0625В з врахуванням біту знаку.

Формула для визначення похибки, при фіксованій точці, буде виглядати наступним, чином:

$$\delta = U - U_{\text{КВАНТОВАНЕ}}$$

де U – дійсне число;

$U_{\text{КВАНТОВАНЕ}}$ - квантоване число.

З вище приведеного можна сказати, що максимальна похибка буде становити $\delta_{\text{МАХ}} = 0,0625\text{В}$.

3.2 Експериментальна верифікація теоретичних результатів

Обробку отриманих результатів при використанні модернізованого апарату для дистанційної літотрипсії запропоновано виконувати за допомогою пакета прикладних програм "STATISTICA for Windows", версія 10.0 (StatSoft Inc., США) з використанням стандартних методів біологічної і медичної статистики. Спочатку необхідно оцінити тип розподілу даних. У разі нормального розподілу отримані дані отримані в ході експерименту як середнє значення і його стандартне відхилення – $M \pm \delta$. Якщо тип розподілу відхиляється від нормального, дані представляються як медіану і 25-75 процентилю. Якісні дихотомічні і порядкові ознаки відображені у вигляді частот (n) і часткою (%). При нормальному типі розподілу статистичну значущість міжгрупових відмінностей визначаються за допомогою непарного критерію t Стьюдента, динаміки показника в групі - за допомогою парного критерію t Стьюдента. У разі неправильного розподілу даних для оцінки міжгрупових відмінностей застосовують непараметричний критерій Манна-Уїтні, динаміки показників – критерій Вілкоксона. Для множинного міжгрупового порівняння використовують дисперсійний аналіз із введенням поправки на множинність

порівняння (при правильному типі розподілу), аналіз по методу Круськала-Уолліса (при неправильному типі розподілу), для множинного порівняння показника в групі в динаміці – аналіз за методом Фрідмана. Статистичну значимість відмінностей в розподілі ознак оцінювали, використовуючи критерії згоди χ^2 , χ^2 з поправкою Йетса, точний критерій Фішера. Статистично значущими вважаються відмінності, які мають рівень $p < 0,05$.

3.3 Висновки до розділу 3

У розділі наведено розрахунок похибки цифрової частини схеми пристрою та проведено експериментальну верифікацію теоретичних результатів.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

У підрозділі розглянуто питання організації наукових досліджень та ергономічних вимог інженера дослідника.

4.1.1 Організація наукових досліджень. Для наукового і науково-технічного вирішення проблем охорони праці, забезпечення системного й комплексного підходу до організації нормотворчої діяльності, вдосконалення нормативної бази з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища в Україні створено мережу базових (головних) організацій та установ — понад 600 з цієї важливої проблеми. Їх діяльність охоплює майже всі нині визначені напрями охорони праці, що потребують розвитку й удосконалення. Такі організації визначено в більшості галузей народного господарства згідно з рішенням міністерств, відомств, концернів, корпорацій та інших об'єднань підприємств, створених за галузевим принципом. Це — провідні науково-дослідні, проектно-конструкторські й інші організації, які спеціалізуються з питань безпеки, гігієни та виробничого середовища.

Для наукового забезпечення охорони праці створено Національний науково-дослідний інститут охорони праці, який разом з інститутами Академії наук України та іншими науково-дослідними і проектно-конструкторськими установами, навчальними закладами здійснює фундаментальні і прикладні наукові дослідження з проблем охорони праці, ідентифікації професійної небезпечності.

На Національний науково-дослідний інститут охорони праці покладено виконання функції головної організації в Україні, яка координує роботу в даному напрямку, надає методичну допомогу фахівцям, організує підвищення їх кваліфікації, а також безпосередньо опрацьовує проект міжгалузевих і окремих галузевих нормативних актів про охорону праці.

Реалізуючи програми TACIS, експерти Європейського Союзу тісно співробітничали з Національним науково-дослідним інститутом охорони праці в межах проекту «Підтримка здоров'я та безпеки праці».

4.1.2 Ергономічні вимоги до робочого місця інженера-дослідника. Враховуючи те, що для проведення наукових досліджень в напрямку теми роботи необхідною складовою є комп'ютер у підрозділі розглянуто питання ергономічних вимог до робочого місця інженера-дослідника.

Проектування робочих місць, забезпечених медичною апаратурою та комп'ютерною технікою, відноситься до числа важливих проблем ергономічного проектування в області наукових досліджень. Робоче місце і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця інженера-дослідника повинні бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення.

Ергономічними аспектами проектування подібних робочих місць, зокрема, є: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, вимоги до того, що розташовує документів на робочому місці (наявність і розміри підставки для документів, можливість різного розміщення документів, відстань від очей користувача до екрану, документа, клавіатури і т.д.), характеристики робочого крісла, вимоги до поверхні робочого столу, можливість регулювання елементів робочого місця. Головними елементами робочого місця є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи.

Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і постійність розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібне для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

Максимальна зона досяжності рук - це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними максимально витягнутими руками при русі їх в плечовому суглобі.

Оптимальна зона – частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччям при русі в ліктьових суглобах з опорою в точці ліктя і з відносно нерухомим плечем.

Оптимальне розміщення предметів праці і документації в зонах досяжності:

- Дисплей розміщується в центрі столу;
- Системний блок розміщується в передбаченій ніші столу;
- Клавіатура - в передбаченій викатній ніші столу;
- «Миша» - в зоні зправа по відношенню до клавіатури;
- Сканер в зоні зліва по відношенню до клавіатури;
- Принтер знаходиться в зоні а (справа);
- Документація: необхідна при роботі - в зоні легкої досяжності долоні - в,

а у висувних ящиках столу - література, невживана постійно.

Для комфортної роботи стіл повинен задовольняти наступним умовам :

- висота столу повинна бути вибрана з урахуванням можливості сидіти вільно, в зручній позі, при необхідності спираючись на підлокітники;

- нижня частина столу повинна бути сконструйована так, щоб лікар міг зручно сидіти, не був вимушений підтискати ноги;

- поверхня столу повинна володіти властивостями, що виключають появу відблисків в полі зору лікар;

- конструкція столу повинна передбачати наявність висувних ящиків (не менше 3 для зберігання документації, канцелярських обладнань).

- висота робочої поверхні рекомендується в межах 680-760 мм. Висота поверхні, на яку встановлюється клавіатура, повинна бути біля 650 мм.

Велике значення надається характеристикам робочого крісла. Так, висота сидіння над рівнем підлоги, що рекомендується, знаходиться в межах 420-550 мм. Поверхня сидіння м'яка, передній край закруглює, а кут нахилу спинки – регульований.

Необхідно передбачати при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від відеоапаратури, між монітором і клавіатурою і т.п. Крім того, у випадках, коли відеоапаратура має низьку якість зображення, наприклад помітні мигтіння, відстань від очей до екрану роблять більше (біля 700 мм), ніж відстань від ока до документа (300-450мм). Взагалі при високій якості зображення на відеоапаратурі відстань від очей користувача до екрану, документа і клавіатури може бути рівним.

Причина неправильної пози користувачів обумовлена наступними чинниками: немає хорошої підставки для документів, клавіатура знаходиться дуже високо, а документи – низько, нікуди покласти руки, недостатній простір для ніг.

В цілях подолання вказаних недоліків даються загальні рекомендації: краще пересувна клавіатура; повинні бути передбачені спеціальні пристосування для регулювання висоти столу, клавіатури і екрану, а також підставка для рук.

Істотне значення для продуктивної і якісної роботи на комп'ютері мають розміри знаків, густину їх розміщення, контраст і співвідношення яскравості символів і фону екрану. Якщо відстань від очей оператора до екрану дисплея складає 60.80 см, то висота знака повинна бути не менше 3 мм, оптимальне співвідношення ширини і висоти знака складає 3:4, а відстань між знаками - 15.20 % їх висоти. Співвідношення яскравості фону екрану і символів - від 1:2 до 1:15.

Під час користування комп'ютером медики радять встановлювати монітор на відстані 50-60 см від очей. Фахівці також вважають, що верхня частина відео дисплея повинна бути на рівні очей або трохи нижче. Коли людина дивиться прямо перед собою, її очі відкриваються ширше, ніж коли вона дивиться вниз. За рахунок цього площа огляду значно збільшується, викликаючи обезводнення очей. До того ж якщо екран встановлений високо, а очі широко відкриті, порушується функція моргання. Це означає, що очі не закриваються повністю, не омиваються слізною рідиною, не одержують достатнього зволоження, що приводить до їх швидкої стомлюваності.

Створення сприятливих умов праці і правильне естетичне оформлення робочих місць має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення привабливості, позитивно впливаючою на продуктивність праці.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

У підрозділі «Безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання впливу ультразвуку та інфразвуку на організм людини.

У л ь т р а з в у к . Ультразвуком називають механічні коливання пружного середовища з частотою, що перевищує верхню межу чутності -20 кГц. Одиницею виміру рівня звукового тиску є дБ. Одиницею виміру інтенсивності ультразвуку є ват на квадратний сантиметр.

Ультразвук має головний образ локальною дією на організм, оскільки передається при безпосередньому контакті з ультразвуковим інструментом, оброблюваними чи деталями середовищами, де збуджуються ультразвукові коливання. Ультразвукові коливання, генеруючи ультразвуком низькочастотним промисловим устаткуванням, впливають на організм людини.

Тривалий систематичний вплив ультразвуку, що поширюється повітряним шляхом, викликає зміни нервової, серцево-судинної й ендокринної систем, слухового і вестибулярного аналізаторів. Найбільш характерним є наявність вегето-судинної дистонії й астеничного синдрому.

Ступінь виразності змін залежить від інтенсивності і тривалості впливу ультразвуку і підсилюється при наявності в спектрі високочастотного шуму, при цьому приєднується виражене зниження слуху. У випадку продовження контакту з ультразвуком зазначені розлади здобувають більш стійкий характер.

При дії локального ультразвуку виникають явища вегетативного поліневриту рук (рідше ніг) різного ступеня виразності, аж до розвитку парезу кистей і передпліч, вегетативно-судинної дисфункції.

Характер змін, що виникають в організмі під впливом ультразвуку, залежить від дози впливу.

Малі дози - рівень звуку 80-90 дБ - дають стимулюючий ефект - мікромасаж, прискорення обмінних процесів. Великі дози - рівень звуку 120 і більш дБ – дають вражаючий ефект.

Оснoву профілактики несприятливого впливу ультразвуку на осіб, що обслуговують ультразвукові установки, складає гігієнічне нормування.

Відповідно до ДСТ 12.1. 01-89 "Ультразвук. Загальні вимоги безпеки", "Санітарними нормами і правилами при роботі на промислових ультразвукових установках" (№ 1733-77) обмежуються рівні звукового тиску у високочастотній області чутних звуків і ультразвуків на робочих місцях (від 80 до 110 дБ при середньгеометричних частотах третьоктавних смуг від 12,5 до 100 кГц).

Ультразвук, що передається контактним шляхом, нормується "Санітарними нормами і правилами при роботі з устаткуванням, що створює ультразвуки, що передаються контактним шляхом на руки працюючих" № 2282-80.

Заходи попередження несприятливої дії ультразвуку на організм операторів технологічних установок, персоналу лікувально-діагностичних кабінетів складаються в першу чергу в проведенні заходів технічного характеру. До них відносяться:

- створення автоматизованого ультразвукового устаткування з дистанційним керуванням;
- використання по можливості малопотужного устаткування, що сприяє зниженню інтенсивності шуму й ультразвуку на робочих місцях на 20-40 дБ;
- розміщення устаткування в звукоізованих приміщеннях кабінетах з дистанційним керуванням;
- устаткування звукоізовлюючих пристроїв, кожухів, екранів з листової чи сталі дюралюмінію, покритих гумою, протишумовою мастикою й іншими матеріалами.

При проектуванні ультразвукових установок доцільно використовувати робочі частоти, найбільш вилучені від чутного діапазону - не нижче 22 кГц.

Щоб виключити вплив ультразвуку при контакті з рідкими і твердими середовищами, необхідно встановлювати систему автоматичного відключення

ультразвукових перетворювачів при операціях, під час яких можливий контакт (наприклад, завантаження і вивантаження матеріалів). Для захисту рук від контактної дії ультразвуку рекомендується застосування спеціального робочого інструменту з віброізолюючою рукояткою.

Якщо по виробничих причинах неможливо знизити рівень інтенсивності шуму й ультразвуку до допустимих значень, необхідне використання засобів індивідуального захисту - проти шумів, гумових рукавичок з бавовняною прокладкою й ін.

І н ф р а з в у к . Розвиток техніки і транспортних засобів, удосконалювання технологічних процесів і устаткування супроводжуються збільшенням потужності і габаритів машин що обумовлює тенденцію підвищення низькочастотних складових у спектрах і поява інфразвуку, що є порівняно новим, не цілком вивченим фактором виробничого середовища.

Інфразвуком називають акустичні коливання з частотою нижче 20 Гц. Цей частотний діапазон лежить нижче порога чутності і людське вухо не здатне сприймати коливання зазначених частот.

Виробничий інфразвук виникає за рахунок тих же процесів що і шум чутних частот. Найбільшу інтенсивність інфразвукових коливань створюють машини і механізми, що мають поверхні великих розмірів, що роблять низькочастотні механічні коливання (інфразвук механічного походження) чи турбулентні потоки газів і рідин.

Максимальні рівні низькочастотних акустичних коливань від промислових і транспортних джерел досягають 100-110 дБ.

Дослідження біологічної дії інфразвуку на організм показали, що при рівні від 110 до 150 дБ і більш він може викликати в людей неприємні суб'єктивні відчуття і численні реактивні зміни, до числа яких варто віднести зміни в центральній нервовій, серцево-судинній і дихальній системах, вестибулярному аналізаторі. Маються дані про те, що інфразвук викликає зниження слуху переважно на низьких і середніх частотах. Виразність цих змін залежить від рівня інтенсивності інфразвуку і тривалості дії фактора.

Відповідно до Гігієнічних норм інфразвуку на робочих місцях (№ 2274-80) по характеру спектра інфразвук підрозділяється на широкосмуговий і гармонійний. Гармонійний характер спектра встановлюють в октавних смугах частот по перевищенню рівня в одній смузі над сусідніми не менш чим на 10 дБ.

По тимчасових характеристиках інфразвук підрозділяється на постійний і непостійний.

Нормованими характеристиками інфразвуку на робочих місцях є рівні звукового тиску в децибелах в октавних смугах частот зі середньгеометричними частотами 2, 4, 8, 16 Гц.

Припустимими рівнями звукового тиску є 105 дБ в октавних смугах 2, 4, 8, 16 Гц і 102 дБ в октавній смузі 31,5 Гц. При цьому загальний рівень звукового тиску не повинний перевищувати 110 дБ Лин.

Для непостійного інфразвуку нормованою характеристикою є загальний рівень звукового тиску.

Найбільш ефективним і практично єдиним засобом боротьби з інфразвуком є зниження його в джерелі. При виборі конструкцій перевага повинна віддаватися малогабаритним машинам великої твердості, тому що в конструкціях із плоскими поверхнями великої площі і малої твердості створюються умови для генерації інфразвуку.

Боротьбу з інфразвуком у джерелі виникнення необхідно вести в напрямку зміни режиму роботи технологічного устаткування - збільшення його швидкості (наприклад, збільшення числа робочих ходів ковальсько-пресових машин, щоб основна частота проходження силових імпульсів лежала за межами інфразвукового діапазону).

Повинні прийматися заходів для зниження інтенсивності аеродинамічних процесів - обмеження швидкостей руху транспорту, зниження швидкостей витікання рідин (авіаційні і ракетні двигуни, двигуни внутрішнього згорання, системи скидання пари теплових електростанцій і т. д.).

У боротьбі з інфразвуком на шляхах поширення визначений ефект роблять глушители інтерференційного типу, звичайно при наявності дискретних складових у спектрі інфразвуку.

Виконане останнім часом теоретичне обґрунтування плинну нелінійних процесів у поглиначах резонансного типу відкриває реальні шляхи конструювання звукобирних панелей, кожухів, ефективних в області низьких частот.

Як індивідуальні засоби захисту рекомендується застосування навушників, вкладишів, що захищають вухо від несприятливої дії супутнього шуму.

До мір профілактики організаційного плану варто віднести дотримання режиму праці і відпочинку, заборона понаднормових робіт. При контакті з ультразвуком більш 50% робочого часу рекомендуються перерви тривалістю 15 хв. через кожні 1,5 години роботи.

4.3 Висновки до розділу 4

Даний розділ роботи висвітлює результати проведеного аналізу шкідливих факторів та чинників, що впливають, або можуть вплинути, на коректну роботу персоналу медичної установи, де використовується представлений метод дослідження пацієнта з використанням спеціального обладнання. Був встановлений чіткий порядок розробки і впровадження технологій та вимог, щодо запобігання шкідливим факторам та чинникам. Також розкрито питання впливу ультразвуку та інфразвуку на організм людини та наведено заходи попередження несприятливої дії ультразвуку та інфразвуку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Апарат для ударно хвильової дистанційної літотрипсії використовується для подріблення конкрементів жовчного або сечового пухиря за допомогою сфокусованого ультразвуку, що дає можливість проводити без оперативного втручання лікування пацієнта.

У основній частині кваліфікаційної роботи наведено системо-технічне, схемотехнічне проектування пристрою для дистанційної літотрипсії та параметричний синтез.

На етапі системо-технічного проектування проведено огляд існуючих аналогів апарату, а також наведено синтез структурної та функціональної схем. На етапі схемотехнічного проектування розроблено схему електричну принципову, а також для вибору елементної бази проведено розрахунок вузлів схеми електричної принципової.

В конструкторському розділі приведено вибір конструкції апарату, розрахунки механічної міцності конструкції апарату, а саме ударної міцності та вібростійкості, електромагнітної сумісності та оптимізації теплових режимів.

У розділі «Науково-дослідна частина» проведено розрахунок похибки цифрової частини схеми пристрою та проведено експериментальну верифікацію теоретичних результатів..

У розділі „Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» та розглянуто питання задані консультантами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А.А. Детлаф, Б.М. Яворский, Курс физики. – Москва: Высшая школа, 1989. – 588 с.
2. Б.С. Гершунський. Справочник по расчету электронных схем. – Киев: Высшая школа, 1983. – 240 с.
3. Вибір електронних приладів і компонентів: Навчальний посібник / Під ред. Захарова В.К. – Л: Изд. ЛПИ, 1986.
4. Справочник конструктора и разработчика РЭА. Элементная база. – М., 1992.
5. Фрумкин Г.Д. Расчёт и конструирование радиоаппаратуры. – М.: Высшая школа, 1989.
6. Горобец А.И. и др. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы). - К.:Техника,1986-312 с.
7. Общетехнический справочник. Под ред. Е.А. Скороходова. - М.: Машиностроение, 1982. –415 с.
8. Измерения в электронике: Справочник / В.А.Кузнецов, В.В. Долгов, В.М. Коневский и др. / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 512 с.
9. Методические указания по экономическому обоснованию технических решений в дипломных проектах. – Москва: МИЗМ, 1983.
10. Яворський Б.І. Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів. Конспект лекцій. – Тернопіль: ТДТУ ім.І.Пулюя, 1999. – 102 с.
11. А.И. Ахиезер. Общая физика. – Київ: Наукова думка, 1981.
12. Ткачук Р.А. Курс лекцій з дисципліни ”Матеріали та основи технології електронних та медичних апаратів”. – Тернопіль: ТДТУ, 1999.
13. Е.И. Монаев. Основы радиоэлектроники. – М.: Радио и связь, 1985. –488 с.
14. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА: Справочник / Под редакцией проф. К.Б. Круковского. – Киев: Вища школа, 1992.

15. В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев Электроника. – Москва: Высшая школа 1991. – 621 с.
16. P-CAD 2000 User Manual. © 2000 ACCEL Tech.
17. P-CAD 2000 Help System
18. Мацюк О.В., Піскун С.О. Accel EDA: Навчальний посібник. – Тернопіль: ТДТУ ім.І.Пулюя, 2001. – 84 с.
19. Пік А.І. Автокад 14: Методичні вказівки. – Тернопіль: ТДТУ ім.І.Пулюя, 2000. – 57с.
20. ГОСТ 2.105-79 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
21. ГОСТ 2.106-68 ЕСКД. Текстовые документы.
22. ГОСТ 19.106-78 ЕСКД. Требования к программным документам, выполненным печатным способом.
23. ГОСТ 19.404-79 ЕСКД. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению.
24. ГОСТ 19.101-77 ЕСКД. Виды программ и программных документов.
25. ГОСТ 19.105-78 ЕСКД. Общие требования к программным документам.
26. ГОСТ 19.402-78 ЕСКД. Описание программы
27. ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
28. ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
29. ГОСТ 2.708-81 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.
30. ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
31. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
32. ГОСТ 2.119-73 ЕСКД. Эскизный проект.
33. ГОСТ 2.120-73 ЕСКД. Технический проект.
34. ГОСТ 2.417-78 ЕСКД. Правила выполнения чертежей печатных плат.
35. ГОСТ 19.202-78 ЕСКД. Спецификация. Требования к содержанию и оформлению.

36. Яворський Б.І., Микитин Г.І., Яворська Є.Б. Методичні вказівки і завдання до курсового проекту з дисципліни “Основи побудови та застосування біотехнічних та медичних електронних апаратів”. – Тернопіль: ТДТУ, 2000.

37. Яворський Б.І. Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів. Тернопіль: ТДТУ, 1999. – 102 с.

38. Белинский В.Т., Гондюл В.П., Гворин А.Б., Круховський-Синевич К.Б., Мазур Ю.Л. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА. — Киев: Высшая школа, 1992.

39. Гершунский Б. С. Справочник по расчёту электронных схем. —Киев: Высшая школа, 1983.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
Технічне завдання

Затверджую
завідувач кафедри БТ
Яворська Є.Б.

_____ 2020 р.
“ ___ ” _____

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи магістра
на тему:

Модернізований апарат для дистанційної літотрипсії

Узгоджено:

Керівник роботи

к.т.н., доц., зав. каф. кафедри БТ

_____ Яворська Є.Б.

“ ___ ” _____ 2020 р.

Виконавець:

Студентка групи РБм-61

_____ Бугальська Т.О.

“ ___ ” _____ 2020 р.

Тернопіль 2020 р.

1 НАЗВА РОБОТИ І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Модернізований апарат для дистанційної літотрипсії.

1.2 Підставою для виконання роботи є наказ по університету № 4/7-793 від «02» листопада 2020 року

2 ВИКОНАВЕЦЬ

Студентка групи РБм-61 кафедри БТ Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Бугальська Тетяна Орестівна.

3 МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою модернізації апарату для дистанційної літотрипсії

4 ВИХІДНІ ДАНІ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

4.1 Технічні вимоги

Параметр	Не менше	Не більше
Число розрядів n	10	-
Нелінійність d^L , %	- 0,1	0,1
Диференційна нелінійність d^{LD} , %	- 0,1	0,1
Абсолютна похибка перетворення в кінцевій точці шкали	- 20	20
Напруга зміщення нуля на вході, мВ	- 30	30
Час перетворення t , мкс	-	30
Напруга живлення U_1 , В	4,5	5,5
Напруга живлення U_2 , В	-16,5	-13,5
Струм споживання I_1	-	10
Струм споживання I_2	-	20
Вхідний опір, кОм	10	-
Діапазон уніполярної вхідної напруги, В	-	10,24
Діапазон біполярної вхідної напруги, В	-5,12	5,12

4.2. Вимоги до конструкції апарату.

4.2.1. Електрична принципова схема блоку виконана на друкованій платі, яка повинна бути розміщена у корпусі.

4.2.2. Конструкція повинна мати прямокутну форму, всі елементи індикації, а також органи управління повинні бути винесені на передню панель і чітко відображати той чи інший режим.

4.3. Вимоги до умов експлуатації.

4.3.1 По кліматичним умовам експлуатації блок повинен відповідати ГОСТ 15150-69 для виробів кліматичного виконання УХЛ4.2.

4.3.2 По механічним умовам експлуатації блок повинен відповідати ГОСТ 15150-69 для виробів II групи I ступеня жорсткості.

4.4 Вимоги до технологічного і метрологічного забезпечення.

4.4.1 Блок повинен виготовлятися на універсальному обладнанні.

4.4.2 Конструкція блоку повинна забезпечити вимір параметрів стандартними вимірювальними приладами.

4.5 Вимоги до техніки безпеки.

4.5.1 За електробезпеці прилад повинен відповідати вимогам ГОСТ12.2.025-76 по 01 класу захисту. За ступенем захисту від ураження електричним струмом блок повинен відповідати вимогам типу В.

4.5.2 По механічним умовам експлуатації блок повинен відповідати ГОСТ 15150-69 для виробів II групи I ступеня жорсткості.

4.6 Вимоги до технологічного і метрологічного забезпечення.

4.6.1 Блок повинен виготовлятися на універсальному обладнанні.

4.6.2 Конструкція блоку повинна забезпечити вимір параметрів стандартними вимірювальними приладами.

4.7 Вимоги до техніки безпеки.

За вимогами електробезпеки апарат повинен відповідати вимогам ГОСТ12.2.025-76 – 01 клас захисту. За ступенем захисту від ураження електричним струмом апарат повинен відповідати вимогам типу В.

4.8 Умови зберігання: згідно ГОСТу 15150-82:

4.8.1 Група “Л”, сухі і періодично провітрювані приміщення

4.8.2 Відносна вологість, не більше,

80%

4.8.3 Температура, °С

від +10 до

+40

4.8.4 Відсутність в повітрі пилу, випарів кислот, лугів, газів, що викликають корозію металів

Примітка: габаритні розміри приладу уточнюються в процесі розробки конструкції;

5 ПРОЕКТНІ ЗАДАЧІ

5.1. Огляд відомих рішень та вибір напрямку дослідження.

5.2. Математичне моделювання біотехнічної системи.

5.3. Конструкторський аналіз схемо-технічних рішень біотехнічної системи.

5.4. Параметричний синтез біотехнічної системи.

5.5. Розробка конструкції біотехнічної системи (компоновка, монтаж, побудова та розрахунок елементів конструкції біотехнічної частини, розрахунок механічної міцності та стійкості, перевірочний розрахунок режимів тепломасопереносу, оптимізація теплових режимів, перевірка та розрахунки показників електромагнітної сумісності).

6 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

6.1 Математичне та алгоритмічно-програмне забезпечення біотехнічної системи

6.2 Експериментальна верифікація теоретичних результатів

6.3 Економічні розрахунки

7 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

7.1 Оцінювання експлуатаційних характеристик біотехнічної системи

7.2 Сервісне обслуговування, ремонт і експертиза біотехнічної системи

8 ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

9 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

9.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД, ДСТУ, ЄСТД.

9.2 Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

а) пояснювальна записка;

б) схема структурна приладу;

в) схема електрична принципова приладу;

г) блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера;

д) складальне креслення друкованого вузла;

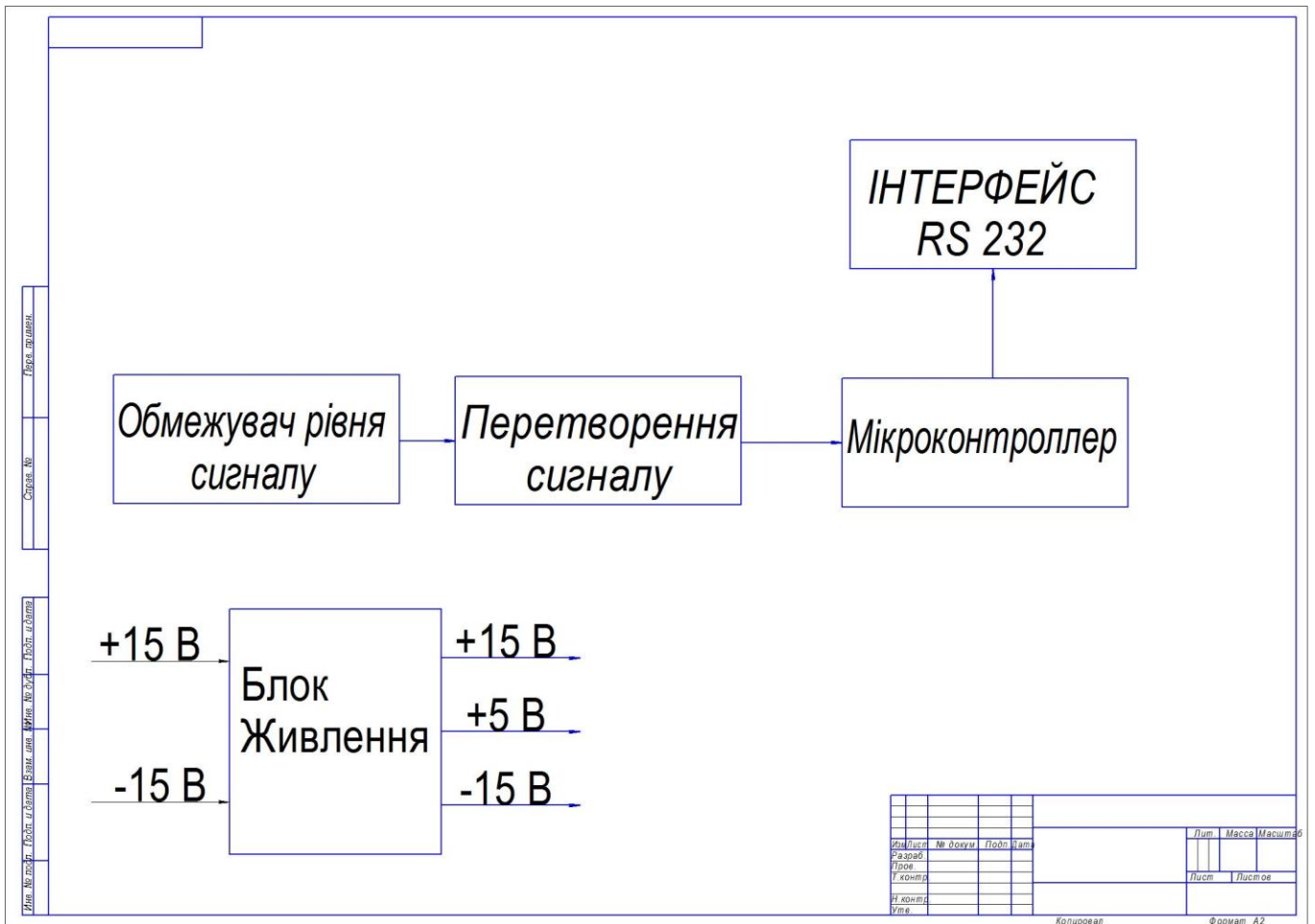
е) креслення друкованої плати;

ж) складальне креслення приладу;

10 Виконавець зобов'язаний представляти результати роботи згідно календарного плану.

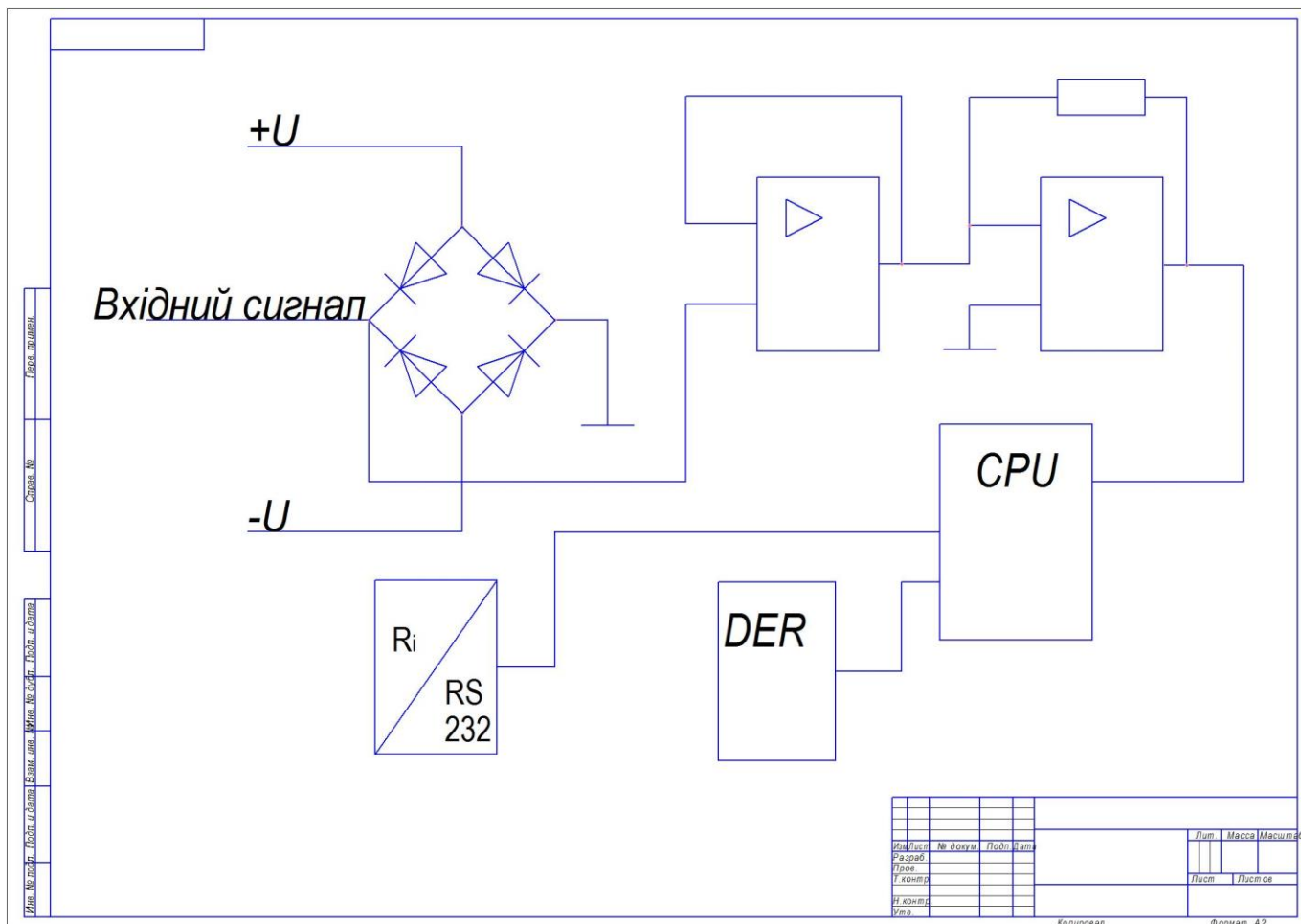
11 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення по узгодженні сторін.

ДОДАТОК Б Структурна схема



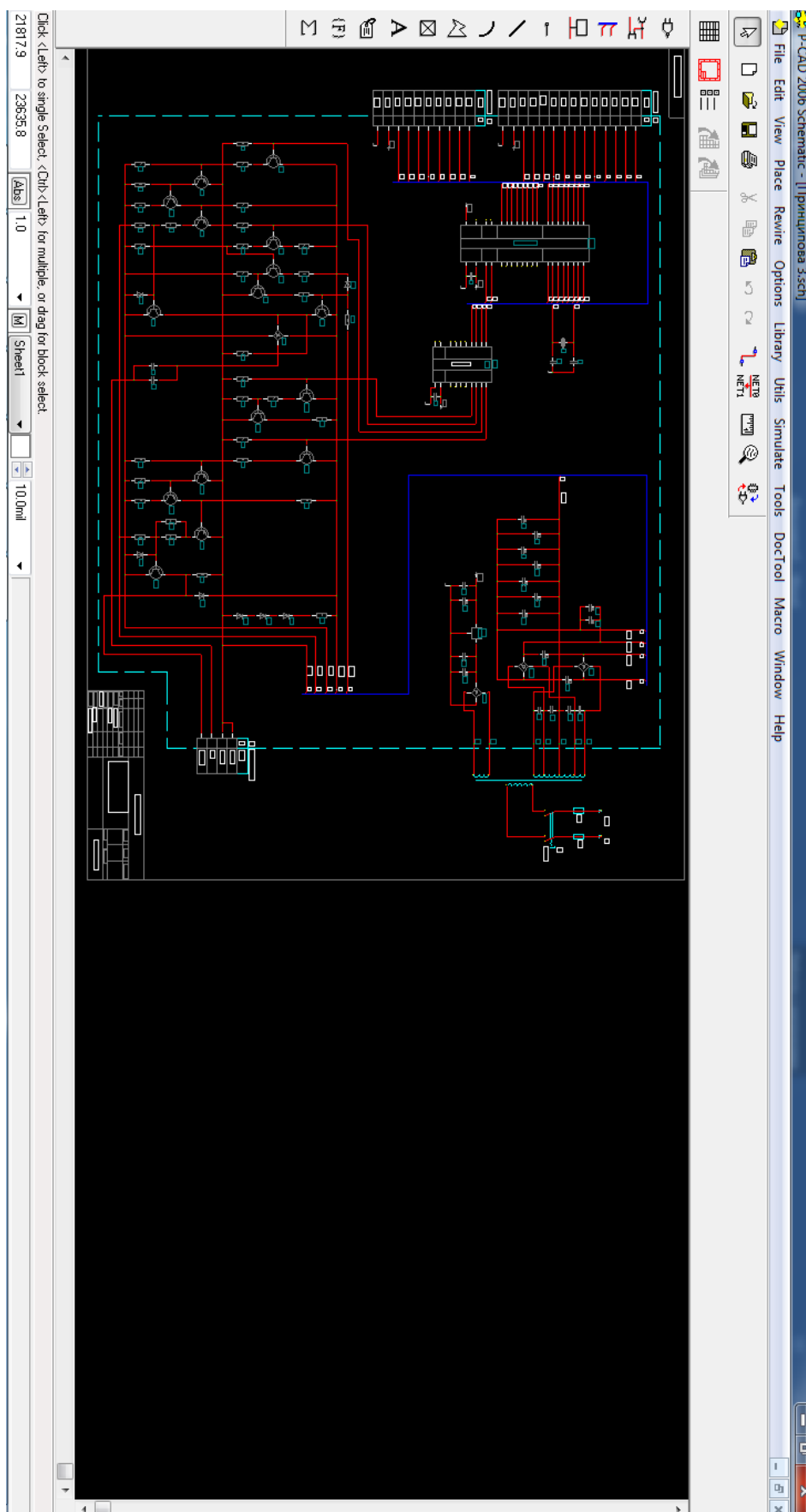
ДОДАТОК В

Функціональна схема



ДОДАТОК Г

Схема електрична принципова



ДОДАТОК Д

Апробація результатів дослідження

*III Міжнародна студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"*

Біомедична інженерія

*Секція:
УДК 681.326
Бугальська Т., Косар Л. – ст. гр. РБ_М-51
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МЕДИЧНИХ ДАНИХ

Науковий керівник: к.т.н., доц. Є.Б. Яворська

*Buhalska T., Kosar L.
Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS AND MEDICAL DATA PRESENTATION MEANS

Supervisor: assoc. prof. E. Yavorska

Ключові слова: медичні дані, база даних, технологія «клієнт-сервер».
Keywords: medical data, database, client-server technology.

При проведенні медико-біологічних досліджень часто постає задача зберігання великих об'ємів медичних даних. Відповідно, і методи зберігання та ефективної обробки таких даних постійно розвиваються та удосконалюються. Тому, на перших порах важко вибрати оптимальний варіант форми зберігання даних. У роботі представлено порівняльну характеристику найбільш уживаних методів. Найпростіший метод зберігання та представлення даних - зберігання в текстовому файлі. При цьому дані, що стосуються одного об'єкту, зберігаються в одній стрічці і закінчуються символом переводу стрічки. Різні дані в одній стрічці (тобто, наприклад, прізвище, ім'я, по батькові та електронна адреса) розділюються комами або символами табуляції (\t). Подальшим розвитком методів зберігання даних є технологія електронних таблиць (наприклад, Microsoft Excel). Як виявилось, при цьому дані редагувати зручніше, адже вже готова таблична структура. Для великих об'ємів даних (більше 1000 записів) та даних, які складно або неефективно представляти у вигляді двовимірної таблиці, створені бази даних (БД) та системи управління БД (СУБД). База даних - це об'єднання таблиць, що стосуються однієї теми (наприклад, база даних пацієнтів медичного закладу). Для ефективної обробки БД існує стандарт мови структурованих запитів SQL (Structured Query Language). Окрім того, більшість СУБД побудовані за технологією "клієнт-сервер", що дозволяє розділяти сервер БД і сервер обробки даних на різні комп'ютери в мережі. Новим напрямком у технологіях представлення даних є побудована на стандарті SGML (Standard Generalized Markup Language — Стандартна Узагальнена Мова Розмітки) та орієнтована на Web розширена мова розмітки XML (eXtended Markup Language). Використовуючи HTML-подібні теги можна виділяти певні частини тексту як такі, що відносяться до певної теми. Основна перевага XML - це можливість задання власних тегів, також дані представляються у деревовидній формі. XML-документ можна використовувати для створення баз знань. В сервер MS SQL версії 2000 і пізніше вбудована можливість видачі даних в форматі XML. Результати аналізу показують, що в задачах зберігання великих об'ємів даних доцільно використовувати СУБД з використанням технології „клієнт-сервер”, для задач зберігання даних складної структури – мову XML, а для зберігання даних невеликого об'єму доцільно обмежитись електронними таблицями чи текстовими файлами.