

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій радіотехніки та наносистем
Кафедра біомедичної інженерії

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
магістра

**на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ
ФОТОКОЛРИМЕРА»**

Виконав студент 2-го курсу гр.БМА-18м
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»

Ванжула Р.С..

Керівник к.т.н., доцент Коваль Л.Г.

Рецензент:

Вінниця 2019

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій радіотехніки та наносистем
Кафедра біомедичної інженерії
Магістр
163- Біомедична інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри БМІ
д.т.н., професор
Злепко С.М. _____
«_____» _____ 2019р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу студенту

гр. БМА-18м Ванжули Руслана Сергійовича

1. Тема МКР «Дослідження та розробка конструкції фотоколориметра»
керівник МКР Коваль Л.Г., к.техн. наук, доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від “02 жовтня” 2019 року
№254.

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2019 року.

3. Вихідні дані до роботи Розробити фотоколориметр. Вихідні дані:Схема
електрична принципова; перелік елементів;

Потужність споживання Вт –10 .

Живлення: 220В, 0,3А.

Умови експлуатації: Т° – 15°С + 85°С; вологість –98%.

Маса, кг - не більше 0,95

Габарити, мм – не більше хх.

Програма випуску, 1779шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1 основи спектрофотометричного аналізу ; 2. дослідження та розробка методів та засобів фотометричного аналізу; 3 конструкторсько-технологічний розділ; 4економічний розділ;5 охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Структурна схема пристрою; Схема електрична принципова; перелік елементів; топологія друкованої плати; складальне креслення друкованої плати; специфікація; моделювання схеми пристрою.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Спеціальна частина | Коваль Л.Г., к.т.н., доцент | | |
| Економічна частина | ст. вик. Кавецький В. В. каф. ЕП та ВМ | | |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Березюк О. В. к.т.н., доц. каф. БЖДПБ | | |

7. Дата видачі завдання 03 жовтня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання |
|--|-----------------|
| Розробка технічного завдання | до 20.10.2019 |
| Техніко-економічний аналіз завдання, економічного середовища, обґрунтування вихідних даних та оптимального варіанту розробки | до 01.11.2019 |
| Розв'язання основної задачі | до 15.11.2019 |
| Розробка заходів з охорони праці | до 20.11.2019 |
| Розрахунок техніко-економічних показників | до 25.11.2019 |
| Оформлення графічної частини та пояснювальної записки | до 01.12.2019 |
| Попередній захист | 06.12.2019 |

Студент _____ Ванжула Р.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Коваль Л.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В МКР було розглянуто аналітичний огляд питання, було зроблено дослідження та розробку методів та засобів стимуляції ШКТ, а також розроблено конструкцію гастроентеростимулятора, проведено техніко-економічне обґрунтування, в якому було визначено, що розробка приладу буде доцільною. Також розроблена конструкція самого приладу, схема електрична принципова, проведено моделювання підсилювача потужності.

В економічній частині розраховано собівартість приладу, капіталовкладення, економічний ефект для споживача та термін окупності витрат.

Також в МКР проведено оцінку стійкості роботи гастроентеростимулятора в умовах дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу.

АННОТАЦИЯ

В МКР были рассмотрены аналитический обзор вопрос, было предпринято исследование и разработку методов и средств стимуляции ЖКТ, а также разработана конструкция гастроентеростимулятора, проведено технико-экономическое обоснование, в котором было определено, что разработка прибора будет целесообразной. Также разработана конструкция самого прибора, схема электрическая принципиальная, проведено моделирование усилителя мощности.

В экономической части рассчитаны себестоимость прибора, капиталовложения, экономический эффект для потребителя и срок окупаемости затрат.

Также в МКР проведена оценка устойчивости работы гастроентеростимулятора в условиях действия ионизирующего излучения и электромагнитного импульса.

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 4 |
| 1 ОСНОВИ СПЕКТРОФОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ..... | 6 |
| 1.1 Класифікація оптичних вимірювальних приладів..... | 6 |
| 1.2 Фотометричні одиниці вимірювань | 11 |
| 1.3 Обґрунтування і вибір аналогу | 19 |
| 1.4 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДДКР | 20 |
| 1.5 Оцінювання комерційного потенціалу розробки | 24 |
| 1.6 Оцінювання рівня новизни розробки | 25 |
| 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ФОТОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ..... | 34 |
| 2.1 Фотометричні методи аналізу..... | 34 |
| 2.2 Фотометричні методи визначення концентрації речовини в розчині | 37 |
| 2.2.1 Метод градуювального графіка | 40 |
| 2.2.2 Метод порівняння оптичної щільності стандартного і досліджуваного розчинів | 42 |
| 2.2.3 Методи визначення речовини без використання калібратора | 46 |
| 2.3 Обладнання для фотометричних вимірювань..... | 46 |
| 3. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ..... | 50 |
| 3. Аналіз вимог до конструкції приладу | 51 |
| 3.1.1 Загальні вимоги до конструкції приладу..... | 51 |
| 3.1.2 Розробка вимог до конструкції приладу і прийняття загальних конструктивних рішень | 52 |
| 3.2 Аналіз схеми електричної принципової | 54 |
| 3.2.1 Аналіз елементної бази | 57 |
| 3.3 компоновка пристрою | 60 |
| 3.3.1 Загальні відомості та завдання компоновки | 61 |
| 3.3.2 Визначення габаритних розмірів плати | 61 |
| 3.3.3 Розробка різних варіантів конструкції | 62 |
| 3.3.4 Вибір оптимального варіанту конструкції | 62 |
| 3.4 Розрахунок друкованої плати | 63 |
| 3.4.1 Вибір типу друкованої плати | 65 |

| | |
|--|-----|
| 3.4.2 Вибір класу точності та матеріалу друкованої плати | 66 |
| 3.4.3 Розрахунок контактних площадок та провідників | 68 |
| 3.4.4 Розрахунок паразитних ємностей та індуктивностей..... | 70 |
| 3.5 Розрахунок теплового режиму пристрою | 71 |
| 3.6 Розрахунок температури нагрітої зони на корпусу приладу | 72 |
| 3.7 Розрахунок надійності | 75 |
| 3.8 Моделювання за допомогою програми PSPICE | 79 |
| 3.8.1 Вибір схеми для моделювання | 79 |
| 3.8.2 Підготовка до моделювання | 81 |
| 3.8.3 Трасування друкованої плати | 82 |
| 3.9 Аналіз конструкторсько-технологічного процесу | |
| 3.10 Розробки технологій складання пристрою | |
| 3.10.1 Технологічний процес виготовлення друкованої плати | |
| 3.10.2 Технологія монтажу елементів на друкованій платі | |
| 4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ | 84 |
| 4.1 Розрахунок кошторисовитратне проведення НДДКР з розробника дослідження конструкцій фотоколориметра | 84 |
| 4.2 Розрахунок собівартості виготовлення фотоколориметра | 85 |
| 4.3 Розрахунок ціни реалізації медичного фотоколориметра | 86 |
| 4.4 Розрахунок чистого прибутку для виробника від реалізації нового технічного рішення | 86 |
| 4.5 Розрахунок терміну окупності витрат для виробника | 86 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 98 |
| 5.1 Аналіз умов праці | 99 |
| 5.2. Санітарно-гігієнічні заходи | 99 |
| 5.2.2 Параметри мікроклімату | 100 |
| 5.2.2 Вентиляція | 102 |
| 5.2.3 Освітлення | 103 |
| 5.2.4 Шум | 103 |
| 5.3 Заходи забезпечення безпеки..... | 106 |

| | |
|--|-----|
| 5.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки | 107 |
| 5.5 Оцінка безпеки роботи фотоколориметра до дії загрозливих чинників в надзвичайних ситуаціях..... | 111 |
| 5.5.1 Оцінка безпека роботи фотоколориметра в умовах дії іонізуючого випромінювання | 112 |
| 5.5.2 Оцінка безпеки роботи фотоколориметра в умовах дії електромагнітного імпульсу | |
| 5.6 Розробка заходів по забезпеченні стійкості роботи фотоколориметра в умовах надзвичайних ситуацій | |
| ВИСНОВКИ | 113 |
| ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ..... | 114 |
| ДОДАТКИ | |

ВСТУП

Актуальність теми. Фотоколориметр - оптичний прилад для виміру концентрації речовин в розчинах. Прилад можна використовувати в дослідницьких лабораторія, медичних установах та ін.. Дія колориметра ґрунтована на властивості забарвлених розчинів поглинати світло, що проходить через них, тим сильніше, чим вище в них концентрація із забарвлюючої речовини. На відміну від спектрофотометра, виміри ведуться в промені не монохроматичного, а в поліхроматичного вузько спектрального світла, що формується світлофільтром.

Застосування різних світлофільтрів з вузькими спектральними діапазонами світла, що пропускається, дозволяє визначати окремо концентрації різних компонентів одного і того ж розчину. На відміну від спектрофотометрів, фотоколориметри прості, недорогі і при цьому забезпечують точність, достатню для багатьох застосувань.

Колориметри розділяються на візуальні і об'єктивні(фотоелектричні) - фотоколориметри. У візуальних колориметрах світло, що проходить через вимірюваний розчин, освітлює одну частину поля зору, тоді як на іншу частину падає світло, що пройшло через розчин тієї ж речовини, концентрація якої відома. Змінюючи товщину l шару одного з порівнюваних розчинів або інтенсивність світлового потоку, спостерігач домагається, щоб колірні тони двох частин поля зору були невідмітні на око, після чого по відомих співвідношеннях між l , і з може бути визначена концентрація досліджуваного розчину.

Фотоелектричні колориметри (фотоколориметри) забезпечують велику точність вимірів, чим візуальні; в якості приймачів випромінювання в них використовуються фотоелементи(селенові і вакуумні), фотоелектронні помножувачі, фоторезистори (фотоопори) і фотодіоди. Сила фотоструму приймачів визначається інтенсивністю світла, що падає на них, і, отже, мірою його поглинання в розчині(тим більшою, чим вище концентрація). Окрім фотоелектричного колориметра(фотоколориметра) з безпосереднім відліком сили струму, поширені компенсаційні колориметри, в яких різниця сигналів, що відповідають стандартному і вимірюваному розчинам, зводиться до

нуля(компенсується) електричним або оптичним компенсатором(наприклад, клином фотометричним); відлік в цьому випадку знімається з шкали компенсатора.

Компенсація дозволяє звести до мінімуму вплив умов вимірів(температури, нестабільності властивостей елементів колориметра) на їх точність. Свідчення колориметра не дають відразу значень концентрації досліджуваної речовини в розчині - для переходу до них використовують градуювальні графіки, отримані при вимірі розчинів з відомими концентраціями.

Метою даного дипломного проекту було розробити конструкцію фотоколориметра, та щоб відповідав технічним вимогам.

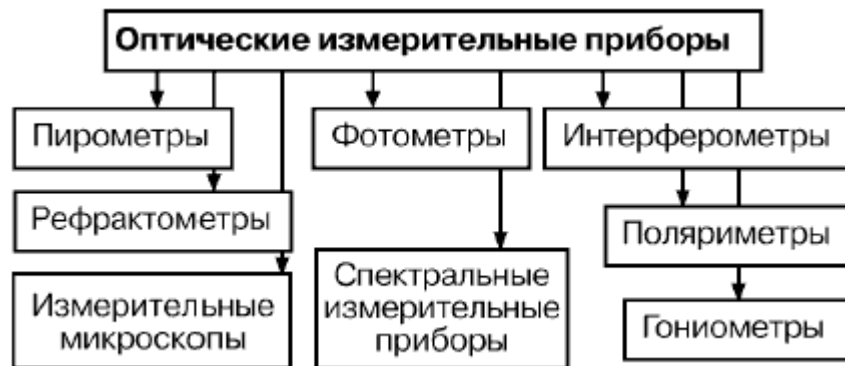
1. ОСНОВИ СПЕКТРОФОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

1.1 Класифікація оптичних вимірювальних приладів

Оптичні вимірювальні прилади надзвичайно різноманітні. За кількістю типів оптичних приладів їх можна зіставити з електровимірювальними. Насправді, дуже багато приладів з інших видів вимірювання - з механіки, з теплофізики, з фізико-хімії - в якості кінцевого каскаду або в якості первинного датчика мають ті чи інші оптичні деталі.

Оптичним вважається метод або прилад, що реєструє електромагнітне випромінювання, видиме людським оком, тобто електромагнітні коливання з довжинами хвиль від 760 нм до 350 нм. Однак розвиток науки про світло призвело до того, що під оптичними завданнями стали розуміти вимір в більш довгохвильовій області - інфрачервоне випромінювання - і в більш короткохвильовій області - ультрафіолетове випромінювання. Відповідно, розширилося число методів і приладів, які є прерогативою оптиків. Щоб переконатися в цьому, досить згадати, що в оптичному приладобудуванні і в оптичних дослідженнях останніх десятиліть оптична наука приростала в основному крайніми, т. Е. Інфрачервоної (ІК) і ультрафіолетової (УФ) областями спектру. Тому зараз під оптичними приладами і методами мають на увазі практично все, що «родом» з відомого людським оком електромагнітного випромінювання.

Оптичні вимірювальні прилади можна розділити на класи, наприклад, так, як показано на схемі малюнка 1.1.



Малюнок 1.1 - Класифікація оптичних вимірювальних приладів

Фотометричні оптичні прилади - це клас оптики для зміни світлових потоків і величин, безпосередньо пов'язаних зі світловими потоками: освітленості, яскравості, світності і сили світла. Фотометри доцільно розділяти на традиційно оптичні, вимірювані характеристики в яких мають чутливість, відповідну чутливості людського ока, і так звані фотометри енергетичних фотометричних величин, т. Е. Ті ж характеристики безвідносно до чутливості ока людини. Природно, що в енергетичних фотометрах величини виражаються не в люменах, люксах, а в одиницях механічних:

- у ВАТ на метр квадратний - енергетична освітленість [Вт / м²];
- у ВАТ на стерadian - енергетична сила світла [Вт / ср];
- у ВАТ з квадратного метра - енергетична світність [Вт / м²];

- у ВАТ з квадратного метра на стерadian - енергетична яскравість [Вт / м²ср].

Спектральні оптичні прилади - величезний клас оптичної техніки, для якого загальним є розкладання електромагнітного випромінювання в спектр за довжинами хвиль. Існують спектроскопи - візуальні прилади, монохроматори - прилади, які виділяють випромінювання на будь-якої фіксованої довжині хвилі, поліхроматор, що виділяють випромінювання на декількох довжинах хвиль, спектрографи - реєструють весь спектр монохроматичного випромінювання. Якщо в приладі крім розкладання випромінювання в спектр є можливість вимірювання будь-яких енергетичних характеристик електромагнітного випромінювання, то такий прилад називається спектрофотометром або квантометр.

Інтерферометрами називають прилади, в яких основний вимірюваної характеристикою є не амплітуда світлової хвилі і пов'язана з нею енергія, а фаза електромагнітного коливання. Саме такий підхід дозволив створити найточніший на даний момент засоби вимірювання, реально дозволяють вимірювати величини з погрішностями в 11-12 знаку. Саме тому інтерферометри застосовуються в основному для вирішення завдань, що вимагають від приладів гранично високої точності, наприклад, в стандартах, в обслуговуванні унікальних наукових програм, в реалізації надчутливих методів аналізу складу речовини і т.п.

Інші класи оптичних приладів, представлені на схемі малюнка 1.1 не так великі, як фотометри і спектрометри. Проте, вони виділені внаслідок того, що у них визначальним є специфічне фізичне явище.

У поляриметрії використовується таке хвильовий властивість світла, як поляризація, т. Е. Певна орієнтація коливань електромагнітної хвилі щодо напрямку поширення. Багато речовин мають властивості змінювати напрямок поляризації. На цьому принципі працюють так само прилади для аналізу складу речовин і матеріалів.

Рефрактометри - прилади для вимірювання показника заломлення твердих тіл, рідин і газів. У них використовується зміна напрямку пучка світла на межі поділу двох середовищ. Ці прилади використовуються в якості індикаторів в хроматографах, в численних метеорологічних приладах спеціального призначення, в газовому аналізі і т. Д.

Гоніометри - прилади для кутових вимірів - в більшості своїй є зорові труби або лазери, оптична вісь яких забезпечена відліковим кутовим лімбаом. Таким приладом можна вимірювати кути, послідовно наводячи оптичну вісь на два роздільних об'єкта. Сюди ж можна віднести і оптичні далекоміри, що використовують вимірювання кутів спостереження одного і того ж об'єкта двома зоровими трубами. Гоніометри широко застосовуються в топографії, у військовій техніці, в геодезичних роботах.

Вимірювальні мікроскопи є прилади для збільшення видимих розмірів (або кутів спостереження) різних об'єктів і вимірювання розмірів збільшених деталей. У розділі «Механічні вимірювання» розглядалися два типи такої вимірювальної техніки: це вимірювач довжин ІЗА і мікроскоп Линника - прилад для вимірювання шорсткості поверхонь. Найбільш масовими приладами такого типу є звичайні мікроскопи, забезпечені окуляр-мікрометром. Це дозволяє оцінювати розміри

обсягу при безпосередньому спостереженні його через мікроскоп. Такими приладами широко користуються лікарі, біологи, ботаніки та взагалі всі фахівці, що працюють з невеликими об'єктами.

Прилади для вимірювання власного теплового випромінювання тіл називаються пірометрами (від слова «піро» - вогонь). У цих приладах використовуються закони випромінювання нагрітих тіл - закон Планка, закон Стефана-Больцмана, закон Вина, закон Релея-Джинса.

1.2 Фотометричні одиниці вимірювань

Термін «фотометрія» утворений від двох грецьких слів: «фос» - світло і «метрео» - вимірюю. У вимірювальних приладах, що реєструють область спектра, видиму людським оком ($\lambda = 350 - 760$ нм) важливо не тільки виміряти енергетичні характеристики, але і виготовити прилад таким чином, щоб його чутливість до випромінювання відповідала б чутливості людського ока. Такі прилади вимірюють оптичні величини в оптичних одиницях, основною з яких є кандела (свічка). Сила світла визначається як енергія потоку, видимого людським оком, т. Е. Механічна енергія, помножена на видимість очі, що поширює в одиничному тілесному куті, т. Е.

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}, \quad (1.1)$$

де I - сила світла; Φ - світловий потік; ω - тілесний кут.

Якщо сила світла виражена в канделах, а тілесний кут в стерadianах, то світловий потік виразиться в люменах.

Освітленість будь-якої поверхні, перпендикулярної до напрямку поширення світла, є поверхнева щільність світлового потоку, т. Е.

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \quad (1.2)$$

де E - поверхнева щільність світлового потоку; Φ - світловий потік; S - площа поверхні.

Зв'язок освітленості і сили світла дається фундаментальним законом фотометрії, який говорить про те, що освітленість від точкового джерела змінюється обернено пропорційно квадрату відстані від джерела до освітлюваної поверхні, т. Е.

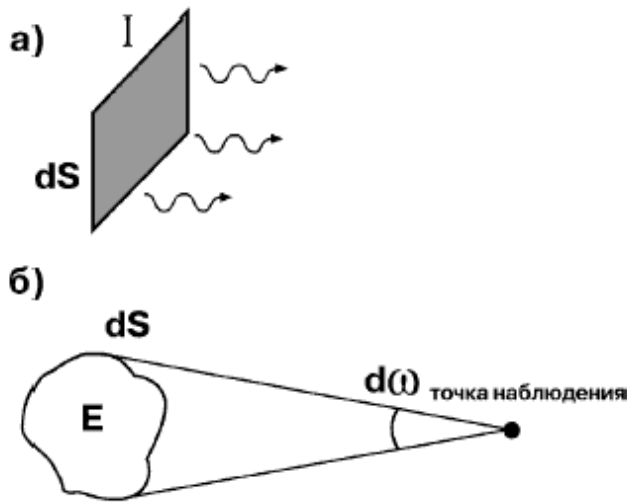
$$E_{\varphi} = \frac{I}{r^2} \cos\varphi, \quad (1.3)$$

де φ - кут між нормаллю до поверхні і напрямком розподілу світла. Освітленість виражається в люменах. Якщо поставлено завдання охарактеризувати фотометричні параметри самосвітним об'єкта (нитки розжарювання лампи, екрана монітора, колби люмінесцентної лампи і т. Д.), То вимірювати слід величину, звану світність:

$$M = \frac{d\Phi}{dS}, \quad (1.4)$$

де dS - елемент світиться поверхні. Світність в оптичних одиницях виражається в люменах з квадратного метра (лм / м²).

Ще однією розповсюдженою оптичної фізичною величиною, яка вимірюється на практиці, є яскравість. Яскравість визначається для світиться об'єкта як сила світла з одиниці поверхні, перпендикулярної променю:



$$B = \frac{I}{dS_n} \quad (1.5)$$

Малюнок 1.2 - К определению яркости: а) самосветящаяся поверхность; б) поверхность, освещенная сторонним источником света

Для поверхні, освітленій стороннім джерелом світла, яскравість визначається як відношення освітленості поверхні до тілесного кута, який спирається на цю поверхню, і має вершину в точці спостереження:

$$B = \frac{E}{d\omega} \quad (1.6)$$

Ще одне визначення яскравості відноситься до променю світла безвідносно до того, є він виходить від самосвітної поверхні або падає на будь-яку поверхню. Яскравість елементарного променя визначається як освітленість, яку він створює на перпендикулярній до нього поверхні в одиничному тілесному куті, який він заповнює:

$$B = \frac{dE}{d\omega} = \frac{d^2\Phi}{d\omega dS_n} \quad (1.7)$$

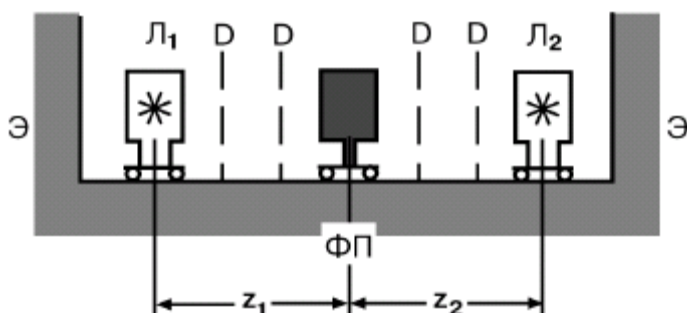
У тих випадках, коли створюються прилади, що працюють в інфрачервоному або в ультрафіолетовому діапазонах, замість оптичних одиниць, як уже вказувалося, використовуються механічні одиниці, т. Е. Потужність вимірюється в ватах, енергетична освітленість - у ВАТ на квадратний метр, енергетична сила світла - у ВАТ на стерадіан, енергетична яскравість - у ВАТ на метр квадратний на стерадіан. Зв'язок між відносними фотометричними одиницями здійснюється використанням поняття механічного еквівалента світла і

функції видимості людського ока. Нагадаємо, що механічний еквівалент світла є потужність світлового потоку на довжині хвилі 555 мкм, що дорівнює 1 Вт механічної енергії. В оптичних одиницях ця потужність дорівнює 683 люмена, т.

$$1 \text{ Ватт} = 683 \text{ лм} (\lambda = 555 \text{ нм})$$

$$E. K_m = 683 \text{ лм/ватт} (\lambda = 555 \text{ нм}). \quad (1.8)$$

У приладах для вимірювання сили світла - свечемерах - використовується закон вимірювання освітленості в залежності від відстані. В цьому випадку сила світла якого-небудь джерела вимірюється порівнянням (Компарування освітленості, створюваної цим джерелом з освітленістю, створюваної джерелом, з відомою силою світла I). Схема подібного приладу дана на малюнку 1.3.



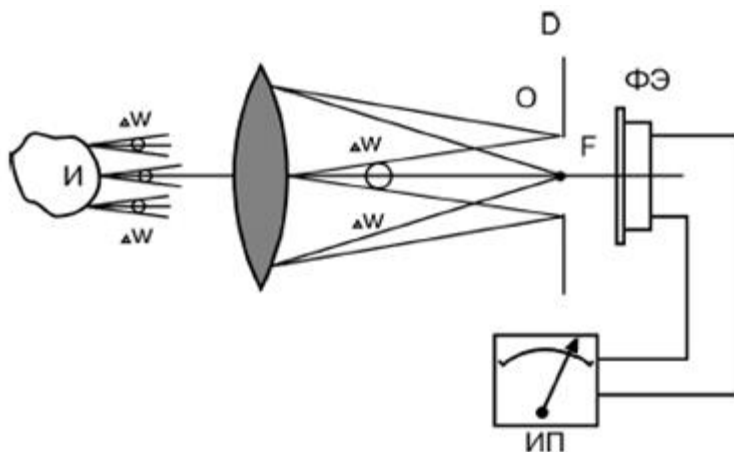
Малюнок 1.3 - Оптична схема свечемера: ФП - фотоприймач; Л1 - еталонна лампа; Л2 - вимірювана лампа; D - діафрагми; Э - чорні екрани.

Переміщенням екрану і лампи домагаються рівності сигналів з фотоприймача при висвітленні обома лампами. Потім вимірюють відстань r_1 і r_2 , відповідні цим положенням. Сила світла джерела I_2 знаходиться з очевидного рівності:

$$I_2 = I_1 \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2. \quad (1.9)$$

Існує достатня кількість різних реалізацій цього методу як по Компарування ламп з різним спектральним складом випромінювання, так і з різними інтенсивностями. Замість фотоприймача часто використовують будь-яке візуальне пристрій, і рівність освітленостей фіксують без вимірювань фотострумів.

Той же самий принцип щодо вимірювання сили світла потужних джерел або при великій відстані від джерела світла до фотоприймача реалізований в так званому телеметричному методі. Сутність цього методу полягає в виділенні і вимірі світлового потоку $\Delta\Phi$, що поширюється від джерела в межах малого тілесного кута $\Delta\omega$ і визначення таким чином сили світла у відповідному напрямку. Малюнок 1.4 пояснює сутність телеметричного методу.



Малюнок 1.4 - Телецентричну метод вимірювання сили світла

На малюнку 1.4 показаний телецентричну метод вимірювання сили світла, де I - джерело світла; $\Delta\omega$ - тілесний кут спостереження; D - діафрагма; $\Phi\text{Э}$ - фотоелемент; ИП - електровимірювальні прилади.

Випромінювання джерела I , силу світла якого треба визначити, падає на позитивну лінзу L , оптична вісь якої збігається з напрямком вимірюваної сили світла. У фокальній площині F встановлюється діафрагма D з площею отвору S , яка дорівнює δ . Тілесний кут, в межах якого промені, які падають на лінзу L , досягнутий фотоелемента, дорівнює $\Delta\omega = \delta / f^2$, де f - фокусна відстань лінзи. Фотострум в ланцюзі фотоелемента повинен бути пропорційний світловому потоку $\Delta\Phi$, використовуваному в межах постійного для даного приладу тілесного кута $\Delta\omega$. В цьому випадку фототок дорівнює

$$i = C\Delta\Phi = CI \cdot \Delta\omega = K \cdot I, \quad (1.10)$$

де K - постійний коефіцієнт, I - шукана сила світла.

Коефіцієнт K визначається при градуванні, і шкала приладу електровимірювання комбінується безпосередньо в одиницях сили світла - в канделах або у ВАТ на стерадіан.

Для вимірювання світлового потоку проводять вимірювання освітленості внутрішньої поверхні білого матового кулі. Якщо в фотометрическом кулі між джерелом світла, потік від якого потрібно виміряти, і фотоприймачем встановити екран E , то освітленість в точці розташування фотоприймача пропорційна повного світлового потоку:

$$E = \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{\Phi}{4\pi r^2} = a\Phi, \quad (1.11)$$

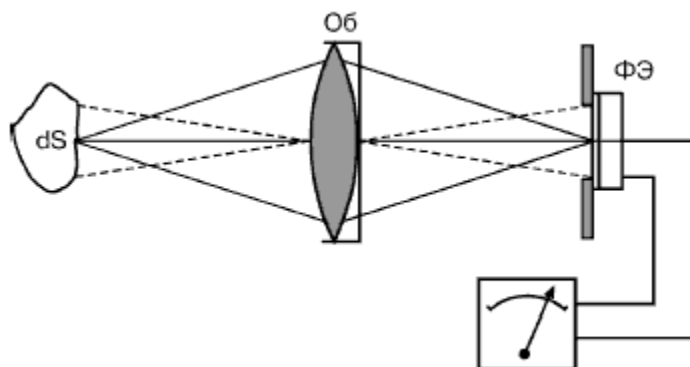
де ρ - коефіцієнт відображення внутрішньої поверхні кулі; r - радіус кулі; a - фотометрична константа кулі - коефіцієнт пропорційності між величиною світлового потоку від джерела і освітленістю поверхні фотоприймача. У більшості практичних випадків коефіцієнт a визначається експериментально вимірами світлового потоку джерела з відомими значеннями повного світлового потоку.

Вимірювачі освітленості - люкметри - є найбільш масовими оптичними приладами, використовуваними на практиці. Саме цими приладами контролюється рівень освітленості в усіх випадках - в приміщенні, на вулиці, при виконанні будь-яких технологічних вимірювань і т.д. Люкметри контактної системи є найбільш простими з усіх фотометричних приладів. Фотоелектричні люкметри складаються, як правило, з фотоелемента і чутливого приладу електровимірювання. Необхідною умовою правильності показань люкметра є відповідність спектральної чутливості фотоприймача функції видимості людського ока, т. Е. Максимальна чутливість повинна бути в жовто-зеленій області зі спадом в ультрафіолетову (до 380 нм) область і в інфрачервону (більше 760 нм) область. Оскільки площа фотоприймача строго фіксована, сигнал з нього пропорційний освітленості, і шкала приладу, відповідно, може бути проградуїрована в люксах.

При створенні фотометров для вимірювання енергетичної освітленості в ультрафіолетовій або в інфрачервоній областях в прилади встановлюються світлофільтри, що виділяють певну ділянку спектра випромінювання. Прилади для вимірювання енергетичних потоків в інфрачервоній області називають радіометрами, оскільки вони, як правило, вимірюють сумарний потік інфрачервоного випромінювання. Оскільки зв'язок загальної енергії теплового випромінювання з температурою дається законом Стефана-Больцмана, показання спектрофотометрів залежать від того, яке джерело світла висвітлює даний об'єкт. У більшості випадків прилади градууються для освітлення лампами розжарювання, т. Н. Джерело типу А. Якщо об'єкт освітлений іншими типами джерел, наприклад люмінесцентними лампами або ртутними дуговими лампами, то показання за шкалою люкметра можна виправити за допомогою поправочного коефіцієнта N , на який потрібно помножити результат, щоб знайти правильне значення вимірюваної освітленості. Значення поправочного коефіцієнта N для найбільш часто використовуваних джерел світла наведені в таблиці 1.1. Таблиця 1.1 Поправочні коефіцієнти для вимірювання енергетичних потоків джерел світла з різними кольірними температурами

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| Колірна температура джерела світла, К | 2360 | 2856 | 3100 | 3250 | 3400 | 4800 | 5800 |
| Поправочний коефіцієнт, N | 1,003 | 1,00 | 0,99 | 0,975 | 0,973 | 0,843 | 0,78 |

Для вимірювання яскравості відповідно до 1.5 - 1.7 необхідно виміряти Інтенсивність світла, обмеженого двома діафрагмами. Для реалізації цього яскравомірами містить, як правило, Ахромат, який проектує зображення об'єкта в площину діафрагми D , за якою встановлюють фотоприймач. Схема яркомера



дана на малюнку 1.5.

Малюнок 1.5 - Оптична схема яркомера

Прилад, побудований за такою схемою, реагує на світловий потік, що виходить з поверхні визначається розміру dS під певним кутом $d\omega$. Отже, реєстрований фототок буде пропорційний яскравості об'єкта, і прилад може бути проградуирован в одиницях яскравості. На практиці Яскравоміри мають визирное пристрій, що дозволяє бачити оком ту ділянку поверхні, яскравість якого вимірюється.

При вимірюванні яскравості протяжних самосвітних об'єктів можна скористатися приладом для вимірювання освітленості - люксометром, - розташувавши його безпосередньо на світиться поверхні. В цьому випадку фотоприймач збере всі випромінювання об'єкта, що виходить в тілесному куті в 2π стерадіан, і яскравість самосвітної поверхні буде відрізнятися від освітленості на 2π , т. Е.

$$B = \frac{E}{2\pi} \quad (8.12)$$

Цим способом часто користуються на практиці. Існують також проміжні прилади, проградуировані в одиницях яскравості, хоча за своєю схемою вони ідентичні звичайним люксометром.

1.3Обґрунтування і вибір аналогу

Для оцінки необхідності розробки приладу і вибору шляху конструювання розроблюваного приладу був проведений аналіз літератури та інших інформаційних джерел.

Фотоколориметр КФ-2 призначений для виміру в окремих ділянках діапазону довжин хвиль 315-980 нм, що виділяються світлофільтрами, коефіцієнтів пропускання і оптичної щільності рідинних розчинів і твердих тіл, а також визначення концентрації речовин в розчинах методом побудови градуювальних графіків. Колориметр дозволяє також робити виміри коефіцієнтів пропускання розсіювальних суспензій, емульсій і колоїдних розчинів у світлі, що проходить.

В якості аналога для проектованого пристрою також був вибраний Японський цифровий спектрофотометр, а саме фотоелектроколориметр Arpel AP - 101 . Фотоелектроколориметр створені спеціально для того, щоб максимально точно визначити наявність тих або інших речовин в різних розчинах. Перевагою фотоелектроколориметра AP-101 являється його ергономічність, цей спектрофотометр легкий в зверненні, економічний до витрати реагенту, має відкриту систему, що дозволяє використати в роботі за допомогою графіків.

Отже, КФК-3 - це класичний спектрофотометр. Спектрофотометр має здатність пропустити через світловий потік, що потребує дослідження, хвилі практично будь-якої довжини, скануючи відразу увесь діапазон довжин хвиль видимого світла. Фотоколориметр КФК-3 призначений для вимірювання коефіцієнтів пропускання, оптичної щільності прозорих рідинних розчинів і прозорих твердих зразків, а також для визначення концентрації речовин в розчинах після попереднього градування фотометра споживачем і швидкості зміни оптичної щільності речовини.

Основними недоліками аналога є його конструктивна складність та висока вартість.

Основні технічні показники аналога і приладу, що проектується

| Показники | Одиниці вимірювання | Аналог | Проектований пристрій | Відношення параметрів |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. Напруга живлення | В | 220 | 220 | 1,00 |
| 2. Габаритні розміри | мм | 500 x 360 x 165 | 230x140x60 | 15,37 |
| 3. Маса | кг | 1,5 | 0,9 | 1,67 |
| 4. Кількість виконуваних функцій | | 3 | 4 | 1,33 |
| 5. Точність вимірювання (похибка) | % | 2,2 | 2 | 1,1 |
| 6. Довжина хвиль | нм | 315-990 | 315-990 | 1 |
| 8. Термін напрацювання на відмову | Год. | 50000 | 30000 | 0,6 |

Однією із основних задач, яка була поставлена перед конструюванням даного приладу – зменшення кількості допоміжних елементів (вузлів, деталей) в конструкції нового виробу. Конструкція повинна мати більш прості схемні рішення використовуючи елементні бази іноземних фірм, замінюючи при цьому декілька елементів одним, або навіть цілий вузол, але при цьому не підвищуючи ціни виробу. Для підтвердження цього порівняємо аналог з нашим виробом, розрахувавши при цьому коефіцієнт співвідношення між кількістю допоміжних деталей і основних $K_{сп}$:

$$K_{сп1}=8/54=0,147;$$

$$K_{сп2}=6/58=0,102;$$

$K_{сп1}$ - коефіцієнт споживання пристрою аналога, параметри якого наближаються до нашого виробу;

$K_{сп2}$ – коефіцієнт споживання пристрою, що розробляється; Отже на основі розрахунку коефіцієнта споживання аналога і пристрою, що розробляється кращим виявляється той, у якого коефіцієнт менший, а отже це наш виріб.

На основі цього ми вирішуємо і конструктивну задачу, яка була поставлена перед нами, зменшуючи кількість допоміжних елементів ми тим самим оптимізуємо габарити приладу, а також при цьому зменшуємо вагу. Змінюючи корпус приладу з металевого на корпус, який вироблено з надлегкої пластмаси ми робимо прилад легшим і більш транспортабельним.

Технічні вимоги до об'єкта проектування

Обґрунтуємо вимоги до пристрою, що проектується, за допомогою аналізу параметрів, що його характеризують.

Найменування пристрою: Фотоколориметр.

Призначення виробу: призначений для вимірювання концентрації речовин в розчинах. Дія колориметра заснована на властивості забарвлених розчинів поглинати світло, що проходить через них, тим сильніше, чим вище в них концентрація фарбувальної речовини. На відміну від

спектрофотометра, вимірювання ведуться в промені немонохроматичного, а в поліхроматичного вузькоспектрального світла, формованого світлофільтром.

Клас використання: наземний.

Основні параметри приладу повинні відповідати параметрам, вказаним у ГОСТ 2454-81, за номінальних напруг живлення з допустимим відхиленням 2% у нормальних кліматичних умовах. Нормальними кліматичними умовами є:

- температура повітря від 288 до 308 К (від 15 до 35 °С);
 - відносна вологість повітря 45 – 75 %;
 - атмосферний тиск $0,8610^5 - 1,06 \cdot 10^3$ Па (від 650 до 800 мм рт. грн.). -
- | | |
|--|-------|
| | час |
| безперервної роботи, не менше, год | 30000 |
| - напруга живлення, В | 220 |
| - струм споживання, не більше, мА | 250 |
| - Пристрій повинен мати мінімальні габарити та вагу. | |

Забороняється використання шкідливих для здоров'я людей і навколишнього середовища технологічних процесів.

Пристрій повинен мати мінімальну кількість деталей.

Головними якостями пристрою, що розробляється в даному дипломному проекті є такі:

- дешевизна в порівнянні із закордонним аналогом
- простота конструкції
- висока надійність
- відносно малі габаритні розміри;

Зважаючи на наявність значної кількості позитивних характеристик приладу, що проектується, можна очікувати, що даний пристрій набуде широкого використання в повсякденному використанні та дослідженнях.

1.4 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДДКР

Однозначно визначити техніко-економічний рівень нової розробки при великій кількості різноманітних показників доволі важко. Проведемо оцінювання перспективності теми даної магістерської кваліфікаційної роботи за допомогою бального методу оцінювання НДДКР. Бальне оцінювання полягає в тому, що кожному параметру присвоюється певний бал в залежності від різних факторів.

Для узагальнюючої оцінки рівня перспективності береться сума балів за всіма показниками.

В сучасних умовах відсутність впровадження інновацій в промисловості відчувається особливо гостро. Підприємства потребують швидкого впровадження досягнень науково-технічного прогресу галузі, а це звісно вимагає зменшення часу на проведення НДДКР і скорочення строку окупності витрат. Виходячи з цього, доцільно орієнтуватися на час проведення НДДКР не більше 2 років, при чому технічні показники результатів плануються на рівні кращих світових зразків; передбачаються часткові можливості отримання авторських свідоцтв; строк окупності витрат 2 роки і менше.

В таблиці 1.1 наведено критерії та бальна оцінка для визначення наукового та технічного рівня науково-дослідної роботи

Таблиця 1.1 – Критерії та бальна оцінка для визначення наукового, технічного та економічного рівня науково-дослідної роботи.

| Критерії оцінки | Шкала критеріїв | Індекс оцінки |
|---|---|---------------|
| Час, необхідний для проведення НДР | 2 роки і менше | +2 |
| | 3 роки | +1 |
| | 4 роки | 0 |
| | 5-6 років | -1 |
| | 7 років і більше | -2 |
| Технічні показники результатів розробки | Вище рівня кращих світових зразків | +2 |
| | На рівні кращих світових зразків | 0 |
| | Нижче рівня кращих світових зразків | -2 |
| Можливості отримання авторських свідоцтв на винахід | Впевненість в отриманні авторських свідоцтв | +2 |
| | Часткові можливості | 0 |
| | Можливості немає | -1 |
| Строк окупності витрат | 2 роки і менше | +3 |
| | 3-4 роки | +2 |
| | 5 років | 0 |
| | 6-7 років | -1 |
| | 8 років і більше | -2 |

В таблиці 1.2 наведено можливі результати оцінки теми НДДКР.

Таблиця 1.2 – Можливі результати оцінки теми НДДКР

| Сума індексів | Оцінка теми |
|---------------|---------------------------------|
| Позитивна(+) | Розробка є досить перспективною |
| Задовільна(0) | Розробка перспективна |
| Негативна(-) | Розробка не перспективна |

Проаналізувавши дані таблиць 1.1 та 1.2, та підрахувавши загальну суму балів $+2+0+0+3=+5$, робимо висновок, що проведення науково-дослідної роботи є досить перспективною.

1.5 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу результатів НДДКР. В результаті оцінювання можна зробити висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого впровадження результатів з врахуванням встановленого рейтингу.

Рекомендується здійснювати оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 1.3. [Козловський 2012]

Таблиця 1.3 - Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

| Бали (за 5-ти бальною шкалою) | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|---|---|--|
| Критерій | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Технічна здійсненність концепції: | | | | | |
| 1 | Достовірність концепції не підтверджена | Концепція не підтверджена експертними висновками | Концепція підтверджена розрахунками | Концепція перевірена на практиці | Перевірено на роботоздатність продукту в реальних умовах |
| Ринкові переваги (недоліки): | | | | | |
| 2 | Багато аналогів на малому ринку | Мало аналогів на малому ринку | Кілька аналогів на великому ринку | Один аналог на великому ринку | Продукт не має аналогів на великому ринку |
| 3 | Ціна продукту значно вища за ціни аналогів | Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів | Ціна продукту приблизно до рівня аналогів | Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів | Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів |
| 4 | Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів |
| 5 | Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в | Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в | Експлуатаційні витрати на рівні експлуа- | Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в | Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в |
| Ринкові перспективи | | | | | |
| 6 | Ринок малий і не має позитивної динаміки | Ринок малий, але має позитивну динаміку | Середній ринок з позитивною динамікою | Великий стабільний ринок | Великий ринок з позитивною динамікою |
| 7 | Активна конкуренція великих компаній на ринку | Активна конкуренція | Помірна конкуренція | Незначна конкуренція | Конкуренція немає |

| Практична здійсненність | | | | | |
|-------------------------|---|--|---|---|---|
| 8 | Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї | Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців | Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату | Необхідне незначне навчання фахівців | Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї |
| 9 | Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні | Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є | Не потребує додаткового фінансування |
| 10 | Необхідна розробка нових матеріалів | Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі | Потрібні дорогі матеріали | Потрібні досяжні та дешеві матеріали | Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві |
| 11 | Термін реалізації ідеї більший за 10 років | Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років | Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років |
| 12 | Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту | Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво продукту, що вимагає значних коштів та часу | Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу | Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту | Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту |

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведемо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

| Критерії | експерт | | |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| | Бали, виставлені експертами: | | |
| 1 | 2 | 2 | 1 |
| 2 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 2 | 2 | 3 |
| 4 | 3 | 3 | 3 |
| 5 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | 2 | 3 | 4 |
| 7 | 2 | 2 | 3 |
| 8 | 2 | 3 | 2 |
| 9 | 2 | 2 | 2 |
| 10 | 2 | 1 | 1 |
| 11 | 2 | 2 | 1 |
| 12 | 2 | 3 | 2 |
| Сума балів | 25 | 28 | 27 |
| Середньоарифметична сума балів СБ | 26,6 | | |

За даними таблиці 1.4 зробимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу дослідження. При цьому доцільно користуватися рекомендаціями, наведеними в таблиці 1.5. [Козловський 2012]

Таблиця 1.5 - Рівні комерційного потенціалу розробки

| Середньоарифметична сума балів СБ , розрахована на основі висновків експертів | Рівень комерційного потенціалу розробки |
|--|---|
| 0 - 10 | Низький |
| 11 - 20 | Ниже середнього |
| 21 - 30 | Середній |
| 31 - 40 | Вище середнього |
| 41 - 48 | Високий |

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 26,6 бали, що, згідно таблиці 1.5, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки середній).

1.6 Оцінювання рівня новизни розробки

Виводячи на ринок новинку виробник вважає, що тієї новизни, якою наділений новий товар є достатньо для того, щоб він був сприйнятий споживачем як новий. Але це не завжди так, в силу того, що споживач і виробник неоднозначно визначають її рівень новизни.

Самевизначення рівня і ступеня інтегральної новизни товару є найбільш актуальним, оскільки її рівень визначає ступінь однакового позитивного сприйняття новизни товару

як виробником, так і споживачем, а отже і ринком в цілому, а це, усвою чергу, є гарантією того, що новинка знайдеться своє місце на ринку, користуватиметься попитом споживачів і забезпечить відшкодування витрат, зазнаних товаровиробником під час розроблення та виробництва інноваційного продукту [Кавецький практикум 2016].

Рівень новизни нової продукції пропонується розраховувати експертним методом шляхом протиставлення нової продукції та її аналогів, що існують в даний час на ринку, за чинниками, що визначають її значення, в системі «краще-гірше». Рівень новизни пропонується встановлювати відносно рівня аналога (або товару, щодосить близький до аналога).

Для визначення *i*-го виду новизни, застосують чинники, які впливають на її рівень. Кожен чинник *i*-го виду новизни розраховуємо в балах. Більша кількість набраних балів свідчить про більший рівень новизни. Для оцінювання рівня новизни використовуємо думки експертів, які встановлюють визначені бали відповідним чинникам. Бал відповідності проставляється в діапазоні від (-5 – значно гірше аналога до +5 – значно краще аналога). Результати попереднього оцінювання зведемо до відповідного листа оцінювання (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 – Лист оцінювання рівня новизни

| Види та чинники | | Бали та експерти | | |
|--|--------------------------|---|-----------|-----------|
| | | Експерт 1 | Експерт 2 | Експерт 3 |
| <i>l</i> | | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> |
| Споживча новизна | Питома вага 0,25 | Максимальний бал B_{iMAX} | | 25 |
| 1. Зміна поведінкових звичок споживача | | 3 | 2 | 3 |
| 2. Ступінь задоволення потреб і запитів | | 2 | 2 | 2 |
| 3. Спосіб задоволення потреби | | 3 | 3 | 3 |
| 4. Формування нової потреби | | 0 | 0 | 0 |
| 5. Формування нового споживача | | 2 | 2 | 2 |
| Середній бал експертів B_{iomp} | | 11 | | |
| Товарна новизна | Питома вага 0,215 | Максимальний бал B_{iMAX} | | 30 |
| 1. Параметричні зміни показників продукції | | | | |
| 1.1. Якісні | | 4 | 4 | 4 |
| 1.2. Технічні | | 3 | 3 | 3 |
| 1.3. Економічні | | 2 | 1 | 2 |
| 1.4. Сервісні | | 4 | 3 | 4 |
| 2. Якість продукції по відношенню до конкурентів | | 4 | 4 | 4 |
| 3. Функціональні зміни | | 3 | 2 | 2 |
| Середній бал експертів B_{iomp} | | 21 | | |
| Виробнича новизна | Питома вага 0,035 | Максимальний бал B_{iMAX} | | 25 |
| 1. Рівень унікальності товару для підприємства | | 5 | 5 | 5 |
| 2. Рівень унікальності для галузі | | 1 | 1 | 1 |
| 3. Рівень унікальності товару для країни | | 0 | 0 | 0 |
| 4. Зміна виробничої системи | | 4 | 4 | 4 |
| 5. Відносно існуючого асортименту | | 2 | 2 | 1 |
| Середній бал експертів B_{iomp} | | 13 | | |
| Прогресивна новизна | Питома вага 0,179 | Максимальний бал B_{iMAX} | | 25 |

| | | | |
|--|--------------------------|---|-----------|
| 1. Зміна технології виготовлення | 4 | 4 | 4 |
| 2. Рівень застосування нових компонентів і матеріалів | 1 | 0 | 1 |
| 3. Зміна технологічного принципу дії виробу | 1 | 0 | 1 |
| 4. Зміна конструктивного виконання | 3 | 2 | 3 |
| 5. Рівень застосування інновацій | 2 | 2 | 2 |
| Середній бал експертів B_{iomp} | 9 | | |
| Ринкова новизна | Питома вага 0,11 | Максимальний бал B_{iMAX} | 20 |
| 1. Новий виріб на новому ринку | 0 | 0 | 0 |
| 2. Новий виріб на відомому ринку | 1 | 1 | 1 |
| 3. Модернізований виріб | 2 | 2 | 2 |
| 4. Нова модель | 1 | 2 | 2 |
| Середній бал експертів B_{iomp} | 4 | | |
| Екологічна новизна | Питома вага 0,035 | Максимальний бал B_{iMAX} | 20 |
| 1. Рівень екологічності технології виробництва | 4 | 4 | 2 |
| 2. Рівень впровадження мало- та безвідходних технологій | 4 | 4 | 3 |
| 3. Рівень екологічно небезпечних режимів експлуатації продукції | 1 | 1 | 1 |
| 4. Рівень забруднення навколишнього середовища | 0 | 0 | 0 |
| Середній бал експертів B_{iomp} | 10 | | |
| Соціально новизна | Питома вага 0,036 | Максимальний бал B_{iMAX} | 20 |
| 1. Використання нового товару приводить до покращення стану здоров'я нації | 0 | 0 | 0 |
| 2. Використання нового товару приводить до зростання доходів населення | 0 | 0 | 0 |
| 3. Виробництво нового товару приводить до збільшення (зменшення) кількості робочих місць на підприємстві | 4 | 5 | 4 |
| 4. Виробництво нового товару приводить до підвищення кваліфікації персоналу | 2 | 3 | 2 |
| Середній бал експертів B_{iomp} | 7 | | |
| Маркетингова новизна | Питома вага 0,14 | Максимальний бал B_{iMAX} | 20 |
| 1. Нові методи маркетингових досліджень | 1 | 1 | 1 |
| 2. Вживання нових стратегій сегментації ринку | 0 | 0 | 0 |
| 3. Вибір нової маркетингової стратегії обхвату і розвитку цільового сегмента | 2 | 3 | 2 |
| 4. Побудова нових каналів збуту | 2 | 1 | 2 |
| Середній бал експертів B_{iomp} | 6 | | |

Значення i -го виду новизни пропонується розрахувати за формулою [Кавецький практик 2016]:

$$I_i = \frac{B_{iomp}}{B_{iMAX}}, \quad (1.1)$$

де B_{iomp} – отримана кількість балів за шкалою оцінок чинників, що визначають i -й вид новизни;

B_{iMAX} – максимальна кількість балів, що може бути отримана за i -м видом новизни.

Загальний рівень інтегральної новизни розраховується шляхом перемноження отриманого значення i -го виду новизни на її вагомість, причому вагомість i -го виду новизни визначається експертним методом, за формулою [Кавецький практикум 2016]:

$$N_{int} = \sum_i^n W_i \cdot I_i, \quad (1.2)$$

де N_{int} – рівень інтегральної (сукупної) новизни;

W_i – вагомість (питома вага) i -го виду новизни;

n – загальна кількість видів новизни.

$$N_{int} = (0,25 \cdot 11/25) + (0,215 \cdot 21/30) + 0,035 \cdot 13/25 + (0,179 \cdot 11/25) + (0,11 \cdot 4/20) + (0,035 \cdot 10/20) + (0,036 \cdot 7/20) + (0,14 \cdot 6/20) = 0,43$$

Отримане значення інтегрального рівня новизни істотно відрізняється від шкали, що наведена в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Рівні новизни нового товару та їхня характеристика

| Рівні новизни товару | Значення інтегральної новизни | Характеристика товару | Вид нового товару |
|----------------------|-------------------------------|--|--|
| Найвища | 1,00 | Абсолютно новий товар | Новий товар, що наділений ознаками інноваційності (інноваційний товар) |
| Висока | 0,8...0,99 | Товар, який не має аналогів | |
| Значуща | 0,6...0,79 | Принципова зміна споживчих властивостей товару | |
| Достатня | 0,4...0,59 | Принципова технологічна модифікація товару | |
| Незначна | 0,2...0,39 | Кардинальна зміна параметрів | Новий товар |
| Помилкова | 0,00...0,19 | Малоістотна модифікація | |

Згідно таблиці 1.7 розробка відповідає рівню - новий товар, що наділений ознаками інноваційності (інноваційний товар), а значення інтегральної новизни 0,45, що відповідає принциповій технологічній модифікації товару.

2. Методи та засоби фотометричного аналізу

2.1 Фотометричні методи аналізу

Методи аналізу, засновані на поглинанні електромагнітного випромінювання аналізованими речовинами, складають велику групу абсорбційних оптичних методів. При поглинанні світла атоми і молекули аналізованих речовин переходять в нове збуджений стан. Залежно від виду поглинаючих частинок і способу трансформування поглиненої енергії розрізняють:

1. Атомно-абсорбційний аналіз, заснований на поглинанні світлової енергії атомами аналізованих речовин.
2. Молекулярний абсорбційний аналіз, тобто аналіз поглинання світла молекулами аналізованої речовини в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях спектру (спектрофотометрія, фотоколориметрія, ІК-спектроскопія).
3. Аналіз поглинання і розсіяння світлової енергії зваженими частинками аналізованого речовини (турбідиметрія, нефелометрія).
4. Люмінесцентний (флуорометричний) аналіз, заснований на вимірюванні випромінювання, що виникає в результаті виділення енергії збудженими молекулами аналізованої речовини.

Всі ці методи іноді об'єднують в одну групу спектроскопічних або спектроскопічних методів аналізу, хоча вони і мають суттєві відмінності.

Фотоколориметрія і спектрофотометрія засновані на взаємодії випромінювання з однорідними системами, і їх зазвичай об'єднують в одну групу фотометричних методів аналізу.

У фотометричних методах використовують виборче поглинання світла молекулами аналізованої речовини. Згідно з квантовою механікою світло являє собою потік частинок, які називаються квантами або фотонами. Енергія кожного кванта визначається довжиною хвилі випромінювання. В результаті поглинання випромінювання молекула поглинає речовини переходить з основного стану з мінімальною енергією E_1 в вищий енергетичний стан E_2 . Електронні переходи, викликані поглинанням строго визначених квантів світлової енергії, характеризуються наявністю строго визначених смуг поглинання в електронних спектрах поглинаючих молекул. Причому поглинання світла відбувається тільки в тому випадку, коли енергія поглинається кванта збігається з різницею енергій ΔE між квантовими енергетичними рівнями в кінцевому (E_2) і початковому (E_1) станах поглинаючої молекули:

$$h\nu = \Delta E = E_2 - E_1 \quad (2.1)$$

де h - постійна Планка ($h = 6,625 \times 10^{-34}$ Дж • с); ν - частота поглинається випромінювання, яка визначається енергією поглиненого кванта і виражається відношенням швидкості поширення випромінювання з (швидкості світлової хвилі у вакуумі $c = 3 \times 10^8$ м / с) до довжини хвилі λ ;

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2.2)$$

Частота випромінювання ν вимірюється в зворотних секундах (с⁻¹), герцах (Гц). 1 Гц = 1 с⁻¹.

Довжина хвилі λ вимірюється в ангстремах ($1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ м}$), мікрометрів або мікронах ($1 \text{ мкм} = 1 \text{ мк} = 1 \times 10^{-6} \text{ м}$), нанометрах або миллімикрон ($1 \text{ нм} = 1 \text{ ммк} = 10 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-9} \text{ м}$).

Енергія випромінювання характеризується електромагнітним спектром, що охоплює область від кілометрових радіохвиль до десятих часток ангстрема γ -випромінювання і космічних променів. Для характеристики ділянки спектра часто використовують також хвильове число θ , яке показує, яке число довжин хвиль припадає на 1 см шляху випромінювання у вакуумі, і визначається співвідношенням: $\theta = 1 / \lambda$.

Природа смуг поглинання в ультрафіолетовій (10-400 нм) і видимій (400-760 нм) областях спектра однакова і пов'язана головним чином з числом і розташуванням електронів в поглинаючих молекулах і іонах. В інфрачервоній області (0,8-1000 мкм) вона більшою мірою пов'язана з коливаннями атомів в молекулах поглинаючої речовини.

Залежно від використовуваної апаратури у фотометричному аналізі розрізняють спектрофотометричний метод - аналіз по поглинанню монохроматичного світла і фотокolorиметричний - аналіз по поглинанню поліхроматичного (немонохроматичного) світла у видимій області спектра. Обидва методи засновані на пропорційній залежності між світлопоглощенням і концентрацією поглинаючої речовини.

Фотометричні методи підрозділяють на:

- 1) Прямі.
- 2) Непрямі.

У прямих методах визначається іон M за допомогою реагенту R переводять в світлопоглощаючу з'єднання MR , а потім вимірюють інтенсивність світлопоглинання розчину цієї сполуки.

При непрямих визначеннях використовують допоміжні з'єднання, які при взаємодії з обумовленою речовиною або руйнуються самі, або утворюють нові світлопоглинальні з'єднання.

Основні закономірності світлопоглинання. При проходженні через шар речовини (розчину) світлового потоку з інтенсивністю I_0 його інтенсивність в результаті поглинання в шарі, відображення і розсіювання зменшується до значення I . Інтенсивності падаючого світлового потоку I_0 і світлового потоку I , що пройшов через розчин, можна визначити експериментально. При відносних вимірах поглинання світла істинними розчинами втратами випромінювання внаслідок відображення і розсіювання зазвичай нехтують.

Зв'язок між інтенсивностями світлових потоків I_0 і I встановлюється законом Бугера-Ламберта, згідно з яким однорідні шари одного і того ж речовини однакової товщини поглинають одну і ту ж частку падаючої на них світлової енергії (при постійній концентрації розчиненого речовини).

Математично цей закон виражається рівнянням експоненційної залежності:

$$I = I_0 e^{-al} \quad (2.3),$$

де a - коефіцієнт поглинання; l - товщина поглинаючого шару.

Пропусканням називають відношення

$$T = \frac{I}{I_0}, \quad (2.4)$$

Значення пропускання можуть змінюватися від 0 до 1. Часто цю величину виражають у відсотках. Якщо величина T віднесена до товщини шару в 1 см, то її називають коефіцієнтом пропускання.

Поглинання випромінювання характеризують оптичною щільністю:

$$D = \lg \left(\frac{I_0}{I} \right) = -\lg T \quad (2.5)$$

Зв'язок між концентрацією поглинаючого розчину і його оптичною щільністю $\lg (I_0/I)$ виражається законом Бера, згідно з яким оптична щільність розчину прямо пропорційна концентрації розчиненого речовини при постійній товщині шару:

$$\lg \left(\frac{I_0}{I} \right) = k_1 C \quad (2.6)$$

де k_1 - коефіцієнт пропорційності; C - концентрація розчиненої речовини.

Залежність інтенсивності монохроматичного світлового потоку, що пройшов через шар забарвленого розчину, від інтенсивності падаючого потоку світла, концентрації забарвленої речовини і товщини шару розчину визначається об'єднаним законом Бугера-Ламберта-Бера, який є основним законом світлопоглинання і лежить в основі більшості фотометричних методів аналізу:

$$I = I_0 \times 10^{-kcl} \quad (2.7)$$

де k - коефіцієнт світлопоглинання, що залежить від природи розчиненої речовини, температури, розчинника і довжини хвилі світла.

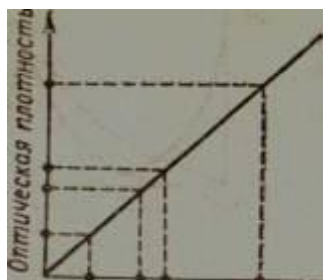
Якщо концентрація C виражена в молях на літр, а l - в сантиметрах, то k являє собою молярний коефіцієнт світлопоглинання при довжині хвилі λ і позначається ε_λ . У такому випадку рівняння набуде вигляду:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon_\lambda c l} \quad (2.8)$$

При дотриманні основного закону світлопоглинання оптична щільність розчину прямо пропорційна молярному коефіцієнту світлопоглинання, концентрації поглинаючої речовини і товщині шару розчину:

$$D = \varepsilon_\lambda C l \quad (2.9)$$

При графічному зображенні залежності оптичної щільності від концентрації (при постійному значенні l) виходить пряма лінія. Ця пряма проходить через початок координат при відсутності поглинання світла розчинником і систематичних похибок.



Концентрация раствора

Малюнок 2.1 Залежність оптичної щільності від концентрації розчину (градуирований графік)

Рівняння (2.8) і (2.9) виведені для монохроматичного світла, тобто світла певної довжини хвилі, який може бути виділений за допомогою спеціального оптичного пристрою - монохроматора. У фотоколориметрі вимірює інтенсивність світлових потоків виробляють не в монохроматичному, а в поліхроматична світлі, тобто на досить широкій ділянці спектра - в інтервалі довжин хвиль 20-100 нм.

В цьому випадку в рівнянні 2.8 замість молярного коефіцієнта світлового поглинання ϵ_λ можна використовувати значення середнього молярного коефіцієнта світлопоглинання ($\epsilon_{\text{ср}}$), що залежать від ширини смуги пропускання світлофільтра ($\epsilon_{\text{ср}} < \epsilon_\lambda$).

2.2 Фотометричні методи визначення концентрації речовини в розчині

Фотометричні методи визначення концентрації розчинів засновані на порівнянні поглинання при пропусненні світла стандартними і досліджуваними розчинами. Ступінь поглинання світла фотометрованих розчином вимірюють за допомогою фотоколориметрів і спектрофотометрів. Вимірювання оптичної щільності стандартного і досліджуваного забарвлених розчинів завжди виробляють по відношенню до розчину порівняння (нульового (контрольного) розчину). Як розчин порівняння можна використовувати аликвотную частина досліджуваного розчину, що містить всі додані компоненти, крім реагенту, що утворює з обумовленою речовиною забарвлену сполуку. Якщо додається реагент і всі інші компоненти розчину порівняння безбарвні і, отже, не поглинають променів у видимій області спектра, то як розчин порівняння можна використовувати дистильовану воду.

2.2.1 Метод градуировального графіка

Для визначення змісту речовини методом градуировального (каліброваного) графіка готують серію з 5-8 стандартних розчинів різних концентрацій (не менше 3 паралельних розчинів для кожної точки).

При виборі інтервалу концентрацій стандартних розчинів керуються такими положеннями:

а) інтервал повинен охоплювати область можливих змін концентрації досліджуваного розчину; бажано, щоб оптична щільність досліджуваного розчину відповідала приблизно середині градуировочной кривої;

б) бажано, щоб в цьому інтервалі концентрацій при обраних товщині кювети l і аналітичній довжині хвилі λ , (в більшості випадків $\lambda = \lambda_{\text{макс}}$ світлопоглощающего з'єднання) дотримувався основний закон світлопоглинання, тобто графік $D = f(C)$ був лінійним;

в) інтервал робочих значень λ , відповідний інтервалу стандартних розчинів, повинен забезпечувати максимальну відтворюваність результатів вимірювань.

При сукупності перерахованих умов вимірюють оптичні щільності стандартних розчинів щодо розчинника і будують графік залежності $D = f(C)$. Отримана крива називається градуировальной або калібрувальної і має вигляд прямої виходить з початку координат. Екстраполювати калібровану пряму до значень оптичної щільності, що лежить вище останньої експериментально отриманої точки, не рекомендується. Періодично (раз на тиждень або рідше) калібровану криву перевіряють по 2-3 свіжоприготовленим стандартними розчинами. Калібрувальні графіки, побудовані з реактивами різних партій, як правило, не збігаються. Тому при зміні реактивів графік необхідно побудувати заново. Графік, побудований при роботі на одному приладі, не можна використовувати для розрахунків результатів, отриманих на іншому.

Визначивши оптичну щільність дослідженого розчину D_x , знаходять її значення на осі ординат, а потім на осі абсцис - відповідне їй значення концентрації C_x .

Цей метод застосовують при виконанні серійних фотометричних аналізів. Він дає хороші результати при дотриманні основного закону світлопоглинання.

На відміну від інших фотометричних методів, метод градуировального графіка дозволяє визначити концентрацію пофарбованих розчинів навіть у тих випадках, коли основний закон світлопоглинання не дотримується. Для побудови градуировальной кривої в цих випадках готують значно більше число стандартних розчинів, що відрізняються один від одного по концентрації не більше ніж на 10%. Такий градуирований графік, який має на пологом ділянці кут нахилу не менше 15° , все ж дозволяє проводити фотометричні вимірювання, незважаючи на те, що між концентрацією розчину і його оптичною щільністю немає лінійної залежності. Відтворюваність визначень в цьому випадку нижче, ніж в разі лінійної залежності $D = f(C)$.

2.2.2 Метод порівняння оптичної щільності стандартного і досліджуваного розчинів

Для визначення концентрації речовини беруть аликвотную частину досліджуваного розчину, готують з неї забарвлений розчин для фотометрування і вимірюють його оптичну щільність. Потім аналогічно готують 2-3 стандартних пофарбованих розчину визначається речовини відомої концентрації і вимірюють їх оптичну щільність при тій же товщині шару (в тих же кюветах).

Значення оптичної щільності досліджуваного розчину дорівнює:

$$D_x = \varepsilon_\lambda C_x l_x \quad (2.10)$$

Значение оптической плотности стандартного раствора равно:

$$D_{\text{ст}} = \varepsilon_{\lambda} C_{\text{ст}} l_{\text{ст}} \quad (2.11)$$

Розділивши один вислів на інше отримаємо:

$$\frac{D_x}{D_{\text{ст}}} = \frac{\varepsilon_{\lambda} C_x l_x}{\varepsilon_{\lambda} C_{\text{ст}} l_{\text{ст}}} \quad (2.12)$$

Так як $l_x = l_{\text{ст}}$, $\varepsilon_{\lambda} = \text{const}$, то

$$C_x = \frac{C_{\text{ст}} D_x}{D_{\text{ст}0}} \quad (2.13)$$

Метод порівняння застосовують при одноразових визначеннях; він вимагає обов'язкового дотримання основного закону світлопоглинання.

Існує й інший більш точний спосіб визначення невідомої концентрації C_x , званий методом обмежувачих розчинів. Готують два стандартних розчину з концентраціями C_1 і C_2 так, щоб оптична щільність першого з них D_1 була б менше оптичної щільності D_x досліджуваного розчину, а оптична щільність D_2 другого стандартного розчину була б, навпаки, більше, ніж D_x .

Невідому концентрацію досліджуваної речовини розраховують за формулою

$$C_x = C_1 + \frac{(C_2 - C_1)(D_x - D_1)}{D_2 - D_1} \quad (2.14)$$

2.2.3 Методи визначення речовини без використання калібратора

Фотометричні одиниці. У деяких випадках, коли для методу відсутня калібратор (наприклад, середні молекули) для вираження кількості речовини використовують виміряну щільність, яку переводять в фотометричні одиниці (Од). Для цього щільність множать на 100.

Наприклад, $D = 0,3$, відповідь в бланку аналізу - 30 Од.

Визначення концентрації по молярному показнику поглинання. Визначення ґрунтується на прямому застосуванні закону Бугера, згідно з яким концентрація розраховується за формулою:

$$C = \frac{D}{\varepsilon l} \quad (2.15)$$

Концентрація визначається діленням вимірної оптичної щільності на відомий для даної речовини молярний показник поглинання при довжині хвилі вимірювання:

$$C = \frac{D}{\varepsilon} \cdot \quad (2.16)$$

При цьому слід враховувати розведення зразка. Молярний показник поглинання встановлений експериментально для багатьох речовин.

2.3 Обладнання для фотометричних вимірювань

Для фотометричних вимірювань Використовують две Великі групи приладів: фотоколориметри и спектрофотометр. У фотоколориметрія потрібні спектральні діапазони віділяються с помощью світлофільтрів, что обмежують ділянки спектра, в які можуть проводитися вимірювання. У спектрофотометрах ділянки спектра віділяються с помощью призм або дифракційних решіток, что дозволяє встановлювати будь-яку Довжина Хвилі в заданому діапазоні.

Конкретна послідовність операцій при вимірюванні оптичної щільності або пропускання Залежить від конструкції спектрофотометра або фотоколориметр.

Однако основні принципи залішаються незмінніми. Спочатку встановлюються необхідну довжина Хвилі, вібираючи світлофільтр на фотоколориметрі або обертаючи відповідну рукоятку на спектрофотометрі. Потім встановлюються нуль. Для цього в світловій потік поміщають кювету зі Стандартним розчин. Змінюючи ширину щілині, домагаються того, щоб Показання приладнати відповідали велічині, передбачення Інструкцією. На Наступний етапі стандартний розчин замінюють досліджуванім и роблять відлік Величини оптичної щільності або пропускання.

Спектрофотометри. Сучасні спектрофотометри дозволяють працювати з високомонохроматизірованим потоком випромінювання. Вони застосовуються для концентраційного аналізу і при вивченні спектрів поглинання речовин.

Пристрій і принцип дії спектрофотометра. Структурну схему спектрофотометра можна представити у вигляді наступних основних блоків: джерело світла, монохроматор, кюветное відділення, фотоелемент, реєструючий пристрій.

Світловий пучок від джерела світла потрапляє в монохроматор через вхідну щілину і розкладається дифракційними ґратами або призмою в спектр. У монохроматический потік випромінювання, що надходить з вихідної щілини в кюветное відділення, по черзі вводяться контрольний і досліджуваній зразки. Випромінювання, що пройшло через кювету, потрапляє на фотоелемент, який перетворює світлову енергію в електричну. Електричний сигнал потім посилюється і реєструється.

Монохроматори. Монохроматор - це оптична система, що виділяє зо всієї спектра джерела світла випромінювання певної довжини хвилі. Це зазвичай призми, по-різному заломлюють світло різних довжин хвиль, або дифракційні решітки. У видимій області використовуються звичайні скляні призми, але в ультрафіолетовій області вони не годяться, оскільки скло починає поглинати вже при $\lambda < 400$ нм, тому призми роблять з кварцу.

Як монохроматоров застосовуються також дифракційні решітки, які представляють собою плоскопараллельною пластину з нанесеними на ній паралельними лініями - борозенками. Білий світ через дифракції на паралельних борозенках розкладається на безперервний спектр. Зазвичай в монохроматорах спочатку виділяють пучок світла з певним діапазоном довжин хвиль за допомогою призми, а потім розкладають його ще раз ґратами. Так отримують суворо монохроматичне світло. Основна перевага дифракційних решіток полягає в тому, що можна збільшувати їх роздільну здатність, оскільки вона прямо

пропорційна щільності ліній. Крім того, у всьому діапазоні довжин хвиль дифракційні решітки мають лінійне дозвіл, тоді як дозвіл призмного монохроматора зі збільшенням довжини хвилі зменшується.

Кювети. Досліджувана речовина розчиняють у відповідному розчині і поміщають в оптично прозорий посудина для вимірювань - кювету. Зазвичай кюветодержатель має осередки для чотирьох кювет. Оскільки скло поглинає ультрафіолетове світло, для проведення вимірювань в ультрафіолетовій області спектра використовують кварцові кювети. Для вимірювань у видимій області можна використовувати пластикові або скляні кювети. При роботі з летючими або хімічно активними речовинами кювети закривають кришками.

Оскільки кювету, вміщена в спектрофотометр, стає складовою частиною його оптичної системи, з нею потрібно звертатися дуже акуратно. Подряпини і бруд на стінках кювети сильно розсіюють і поглинають світло, спотворюючи результати вимірів. Про це особливо треба пам'ятати при роботі в ультрафіолетовій області. Кювети можна протирати м'якими тканинами, наприклад, з бавовни. Не рекомендується використовувати для цих цілей фільтрувальну папір. Оскільки органічні молекули поглинають в ультрафіолетовій області, ні в якому разі не можна торкатися оптичних (прозорих) стінок кювети. Розчин краще заливати в кювету, поставивши її в попередньо вийнятий з приладу кюветодержатель. Кювети досить крихкі, особливо кварцові, тому працювати з ними треба обережно, не допускаючи механічних ушкоджень.

Вміст кювети має бути гомогенним - це необхідна умова отримання відтворених даних. Потрібно стежити за тим, щоб розчин не був мутним. Особливо заважають вимірам пухирці повітря, сильно збільшують розсіювання. Не можна наливати в кювету дуже холодний розчин, оскільки при цьому на зовнішніх стінках кювети конденсуються пари води повітря, і стінки стають непрозорими.

Якщо кювети забруднені сторонніми домішками, їх слід промити дистильованою водою і (або) розчинником, в якому розчинено досліджувана речовина. Кювети можна мити м'якими детергентами. Не рекомендується мити кювети концентрованими кислотами або лугами, а також іншими травяно агентами.

Кювети потрібно заповнювати до такого рівня, щоб потік випромінювання проходив цілком через шар розчину. Найчастіше використовуються кювети з оптичним шляхом 1 см, в які зазвичай заливають 2,5-3 мл розчину. У такі кювети входить 4-5 мл, але заповнюють їх повністю лише в тому випадку, коли це необхідно. Є кювети з оптичним шляхом 50, 20, 5, 2 і 1 мм.

Фотоелементи. Фотоелементи перетворюють світлову енергію в електричну. Електричний сигнал потім посилюється і реєструється.

Фотони, бомбардуючи поверхню фотоелемента, вибивають з нього електрони, кількість яких пропорційно інтенсивності світла. Ці електрони летять до позитивного електрода. В результаті в замкнутому ланцюзі виникає електричний струм, який реєструється по падінню напруги на опорі, що знаходиться в цьому ланцюзі. Напругу можна посилити, і після компенсації

такого сигналу потенціометром, відградуєваних одиницях поглинання, на датчику реєструється безпосередньо поглинання зразка.

Фотопомножувачі зазвичай більш чутливі, ніж прості фотоелементи. Це відбувається через те, що електрони, що вилетіли з фоточутливого шару, прискорюються високою напругою, а через зіткнень в газі виникають вторинні електрони, що і призводить до зростання струму.

Ширина щілини. Від розміру щілини залежить діапазон довжин хвиль світла, що падає на зразок. Тому для отримання надійних результатів треба працювати при мінімально вузькій для даних умов експерименту щілини. Якщо щілина обрана правильно, то при зміні її розмірів вдвічі показання приладу не змінюються.

Зазвичай нульове значення поглинання встановлюють щілиною, але в хороших спектрофотометрах це роблять, змінюючи напругу фотоелемента. Таке регулювання дозволяє працювати при постійній ширині щілини.

Фотоелектроколориметри. Фотоелектроколориметр - це оптичний прилад, в якому монохроматизація потоку випромінювання здійснюється за допомогою світлофільтрів. Більш докладно фотоелектроколориметри будуть розглянуті в розділі 3 [1].



Рисунок 2.2 - Фотоэлектрический колориметр КФК-2МП.

3 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз вимог до конструкції приладу

3.1.1 Загальні вимоги до конструкції приладу

Конструкція радіоелектронної апаратури - це сукупність деяким чином зв'язаних конструктивних і механічних елементів. Класифікація вимог до конструкції радіоелектронної апаратури проводиться по слідуючим ознакам: по призначенню, надійності, довговічності і зберігаємості, безвідмовності, ремонтприналежності, безпечності, ергономіці, естетиці, технологічності.

Умови по призначенню встановлюють першочергову задачу, заради якої і проводиться розробка. Вона включає в себе функціональне призначення, конструкторські рішення, значення параметрів, розміщення і фіксування на об'єкті (для бортових РЕА), кліматичне виконання, клас радіоелектронної апаратури, захист від зовнішніх факторів.

Надійність в залежності від призначення конструкції і умов використання, складається із сукупності безвідмовності, зберігаємості, довговічності, ремонтприналежності (ГОСТ 27.002-83). Встановлено три групи надійності в залежності від наслідків відмов.

Вимоги технологічності конструкцій розглядаються в відповідності з ГОСТ 23.85279, вимоги виконання умов безпечності і виробничої санітарії - ГОСТ 12.1005-76 [4].

3.1.2 Розробка вимог до конструкції приладу і прийняття загальних конструктивних рішень

Розробка вимог до конструкції даного пристрою проводиться на основі загальних вимог, що пред'являються до розробок такого роду з врахуванням технічного завдання. Тільки на основі таких вимог, з врахуванням нових методів конструювання і сучасних досягнень в технології радіоелектронної апаратури, а також діючих стандартів, робиться можливим випуск малогабаритної,

високоєфективної і економічно вигідної РЕА, виробництво і експлуатація якої потребує обмежених витрат трудових, енергетичних і матеріальних ресурсів.

Виходячи з загальної класифікації і вимог технічного завдання конкретизуємо вимоги до пристрою.

Функціональне призначення - вимірювання концентрації речовин в розчинах, який прикладений до тіла пацієнта, в десяткове значення та видачу цього значення на індикатор. Відносно вимог безвідмовності пристрій відноситься до третьої групи надійності (наслідки відмов - втрата виробу або витрати на ремонт). По відновлювальності конструкція відноситься до другого класу. Прилади, що відновлюються після капітального ремонту повинні розглядатися як нові, а на протязі терміну експлуатації підлягають операціям технічного обслуговування і поточного ремонту.

Для виконання вимог технологічності (ГОСТ 18.831-73) необхідно використати заходи по зниженню трудоемності, матеріалоемності, і собівартості. Такими заходами є зменшення об'єму деталей (складових одиниць), малономенклатурність, використання розроблених раніше і задіяних в використанні деталей і складових одиниць. Необхідно використовувати принципи стандартизації і уніфікації.

3.2 Аналіз схеми електричної принципової

Схема електрична принципова (формат А1) містить слідуючі функціональні вузли:

- 1) Перетворювач світлового потоку в електричні сигнали
- 2) Фотоприймачів
- 3) Підсилювача постійного струму
- 4) Блок мікроконтролера.
- 5) Вузол індикації.
- 6) Блок живлення.

Головною частиною пристрою, що розробляється буде перетворювач світлового потоку в електричні сигнали, який сприйматиме сигнали від оптичного датчика,

відповідним чином обробляє їх, та виводитиме результати вимірів на індикатор. Живлення на процесор поступає від мережі через трансформатор та стабілізатор напруги. За рахунок введення стабілізатора напруги було досягнуто більшої завадостійкості та точності вимірів, що досить важливо. Слід зазначити, що перетворювач напруги живиться нестабілізованою напругою, це зв'язано з зменшенням рівня імпульсних завад на процесор.

Основний цикл перетворення світлового потоку організовано наступним чином. Процесор вмикає перетворювач напруги, від якого здійснюється заряд накопичувального конденсатора C до напруги певного значення. Коли напруга має відповідне значення, процесор видає короткочасний сигнал. Для того щоб відбувся вимір, користувач повинен прикласти торець оптичного датчика до відповідної частини вимірювального тіла. Оптичний датчик рухомий і механічно зв'язаний з пружиною яка дозує необхідне невелике зусилля притискання. Як тільки воно досягнута, процесор видає на перетворювач сигнал дозволу спалаху. Світловий потік проходить через світлофільтр, який поглинає із потоку фіолетову і ультрафіолетову частину світла, і через волоконно-оптичний світловод прямує до оптичного датчика. Пучок світла, що виходить із світловоду має кут розходження біля 30° , проникає в речовину, що досліджується. Частина зворотно розсіяного речовиною світла попадає в волоконно-оптичні світловоди і направляється до фотоприймачів.

Перед фотоприймачем “вимірювального каналу” встановлено інтерференційний світлофільтр, що пропускає на фотоприймач світло тільки із вибраного вузького спектрального інтервалу в зеленій частині спектру. А перед фотоприймачем “опорного каналу” встановлено інтерференційний світлофільтр, що пропускає світло тільки з вузького спектрального інтервалу в ближній ІЧ області спектру. Електричні сигнали від фотоприймачів поступають в аналогово-цифровий перетворювач, де відбувається їх порівняння, обробка і обчислення і виведення результатів.

Для вимірювання рівнів сигналів, що надходять з фотоприймачів в мікроконтролер застосуємо аналогово-цифровий перетворювач. Перетворення аналогового сигналу відбувається під час натискання кнопки SB1. Перетворення

відбувається не одразу. Оскільки мікроконтроллер очікує зарядження внутрішнього вимірювального конденсатора, таким чином уникаючи перехідних процесів, сигнал з другого фотоприймача служить опорною напругою для АЦП контролера. Різницевий сигнал на вході АЦП перетворюється в цифровий десятирозрядний код, розшифровується та висвітлюється на індикаторі.

Також контролер містить в собі декілька таймерів-лічильників, які керують роботою індикаторів.

3.2.1 Аналіз елементної бази

Елементна база приладу, що розробляється, вибрана, виходячи з наступних вимог: можливість одержання необхідних номіналів, максимальної швидкодії, мінімальної вартості, маси [5].

Крім вище перерахованих вимог, на стадії проектування приладу до елементної бази пред'являються також вимоги по забезпеченню заданої надійності, необхідної точності і стабільності параметрів, забезпечення механічної міцності, відповідності габаритів, нормального теплового режиму. Виходячи з параметрів, які характеризують роботу приладу, бачимо, що всі елементи по частотним характеристикам мають достатній запас, відповідають умовам експлуатації і мають достатню надійність[6]. Параметри елементів, що використовуються в приладі приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика елементної бази

| Найменування | Кіл. | Конструктивні параметри | | Допустимі умови експлуатації | | | |
|---------------------|------|-------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Маса, г | Площа встанов., мм | Темп. °С | Частота вібрації Гц | Ударне прискорення, g | Лінійне прискорення g |
| Конденсатори | | | | | | | |
| K50-16 | 12 | 0,5 | 32x4 | 60..+125 | 1...600 | 55 | 35 |
| K73-9 | 3 | 0,7x 2 | 54 x2 | 60..+125 | 1...600 | 55 | 35 |
| Мікросхеми | | | | | | | |
| K157УД1 | 1 | 1 | 146,25 | -40..+70 | 1...600 | 75 | 25 |
| Atmega 8 | 1 | 1 | 146,25x3 | -40..+70 | 1...600 | 75 | 25 |
| Дисплей | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------------------|----|-------------|---------|----------------|---------------|----------|------|
| DM500 | 1 | 35 | 36 | 60...+95 | 10...60 0 | 5 | 10 |
| Резистори | | | | | | | |
| C2-29-B | 35 | 0,15x 35 | 13,2x31 | - 60...+155 | 10...20 00 | 20 | 30 |
| СПЗ-37А | 6 | 1 | 163,8x1 | - 60...+125 | 4700 | 1500 | 1000 |
| Стабілітрони | | | | | | | |
| Д818Д | 3 | 0.7 x8 | 25,5 | ..+125 | - | - | - |
| КД208А | 3 | (0,3) | (70) | 0,5 | +125 | 10...600 | 10 |
| КС518А | 1 | (0,55) | (140) | 0,7 і 1,1 | +100 | 5...2000 | 7,5 |
| Фотодіоди | | | | | | | |
| ФД-24К | 2 | (1) | (21,8) | 0,8 | +85 | 10...600 | 7,5 |

3.3 Компоновка пристрою

3.3.1 Загальні відомості та завдання компоновки

В загальному, під компоновкою розуміють процес розміщення комплектуючих модулів, електрорадіоелементів (ЕРЕ) і деталей РЕА на площині або в просторі з визначенням основних геометричних форм та розмірів. Результат компоновки завершується розробкою компоновочного ескізу. При компоновці повинні бути враховані вимоги оптимальних функціональних зв'язків між ЕРЕ та деталями РЕА, їх стійкість і стабільність, вимоги міцності і жорсткості, завадостійкості і нормального теплового режиму, вимоги технологічності, ергономіки, ремонтоздатності [6].

Принцип компоновки визначається принципом конструювання і вимогами, які пред'являються до розробляємої РЕА та обмежень. Серед відомих принципів конструювання перевагу віддають функціонально-вузловому.

При розробці конструкції пристрою необхідно здійснити компоновку на двох рівнях:

1. Компоновка друкованої плати з необхідною прив'язкою груп елементів по функціональним зв'язкам, теплової сумісності провідників та при двосторонній платі кількості перехідних отворів.

2. Зовнішню компоновку приладу з урахуванням вимог технологічності, ремонтоздатності та інших, перерахованих вище.

В загальному, компоновка може бути виконана різними методами: аналітичним, модельним, графічним [7]. В останні роки перевага віддається машинним методам, які базуються на аналітичному та графічному методах. При цьому оперують числовими значеннями різних компоновочних характеристик (розміри елементів, модулів, їх маса, об'єм і т.д.), враховують їх взаємну орієнтацію, допустиму відстань між ними і величину зазорів між субблоками та стінками корпусів. Результат компоновки відображається в спрощеному графічному представленні компонентів радіоелектронних апаратів модулів і т.п.

3.3.2 Визначення габаритних розмірів плати

Основною задачею конструкторського проектування є реалізація схеми виробу у вигляді окремих конструктивно закінчених модулів, вузлів або блоків, з'єднаних лініями електричної комутації.

Находимо загальну площу S_{Σ} , яку займають радіокомпоненти, що складають електричну принципову схему виробу та встановлюються на друковану плату. А тому, що всі конструктивно функціональні вузли плануються бути виконаними у вигляді плоскої конструкції на друкованій платі, то розміри друкованої плати можуть бути визначені за допомогою методу аналітичної компоновки, де в якості критерію використовується коефіцієнт заповнення плати [7, 8]:

$$S_{\Sigma} = K_3 \sum_{i=1}^n S_{yi}$$

де S_{yi} - установочна площа i -го компонента;

K_3 - коефіцієнт, який залежить від призначення та умов експлуатації ($K_3 \approx 1...3$)

$$S_{\Sigma} = K_3 * (S_{рез} + S_{\delta} + S_{мікр} + S_{тран} + S_{ком} + S_{ст}) \quad (31)$$

$$S_{\Sigma} = 2 * 3800 = 7600$$

Користуючись вимогами на габаритні розміри приладу, призначенням, умовами експлуатації і т.ін., орієнтовано визначаємось з типо-розміром друкованої плати. При цьому бажано використовувати уніфікований ряд розмірів

(ГОСТ 4.010.020-83). Приймаємо розміри дру-кованої плати: довжина $L = 75$ мм, ширина $H = 165$ мм.

3.3.3 Розробка різних варіантів конструкцій

Особлива увага при проектуванні приділяється правильному вибору конструкції блоку, матеріалу заготовок, конструктивних форм, розмірів деталей.

До корпусу блоку висуваються високі вимоги. Він повинен забезпечувати: жорстке кріплення плат і з'єднання їх виводів з переходами, призначених для зв'язку із зовнішніми колами, захист плат, електрорадіоелементів від зовнішніх кліматичних та механічних дій. Крім того, корпус повинен бути технологічним, економічно вигідним, забезпечувати можливість складання схеми, контроль, налагодження, ремонт. При виборі матеріалу корпусу, необхідно враховувати вимоги по зменшенню маси, та вартості виготовлення.

Враховуючи геометричні розміри плати та габарити найбільших елементів, які розміщені в середині корпусу, установчі відстані між корпусом та елементами приладу, розглянемо декілька варіантів з такими габаритами:

В першому та другому варіанті плата розміщена горизонтально, в третьому варіанті – вертикально. Якщо в першому випадку за матеріал корпусу візьмемо алюміній, а в другому та третьому поліетилен середнього тиску, то враховуючи те, що товщина стінок у всіх випадках є 2 мм, та знаючи густину цих матеріалів, визначаємо масу корпусу по трьох варіантах:

$$M_1 = 0,7 \text{ кг}, M_2 = 0,5 \text{ кг}, M_3 = 0,56 \text{ кг}$$

3.3.4 Вибір оптимального варіанту конструкції

Для визначення оптимального варіанту скористуємося методом комплексних показників.

$$K = K_1 \frac{m}{m_{T3}} + K_2 \frac{V}{V_{T3}} + K_3 \frac{\lambda}{\lambda_{T3}} + K_4 \frac{C}{C_{T3}} \quad (3.2)$$

де K – комплексний показник;

K_1, K_2, K_3, K_4 – коефіцієнти вагомості;

m – маса корпусу;

c – ціна корпусу;

λ – надійність;

m_{T3} , V_{T3} , C_{T3} , λ_{T3} – відповідно маса, об'єм, ціна, надійність по технічному завданню.

Так, як кількість з'єднань на всіх варіантах число однакове, то вираз $K \frac{\lambda}{\lambda_{T3}}$

можна опустити

$$1 \text{ варіант} \quad K = \frac{0,4 \cdot 0,7}{0,56} + \frac{0,3 \cdot 0,02}{0,03} + \frac{0,5 \cdot 28}{20} = 1,4$$

$$2 \text{ варіант} \quad K = \frac{0,4 \cdot 0,5}{0,56} + \frac{0,3 \cdot 0,022}{0,03} + \frac{0,5 \cdot 13}{20} = 0,56$$

$$3 \text{ варіант} \quad K = \frac{0,4 \cdot 0,55}{0,56} + \frac{0,3 \cdot 0,02}{0,03} + \frac{0,5 \cdot 19}{20} = 0,78$$

Як видно з розрахунків, виходячи з технічних параметрів, із економічної точки зору найкращим буде третій варіант.

Таким чином, на основі проведеного аналізу з врахуванням вимог технічного завдання, зупинимо свій вибір на третьому варіанті, який послужить базою для подальших розрахунків.

3.4 Розрахунок друкованої плати

3.4.1 Вибір типу друкованої плати

В радіотехніці всі ДП діляться на :

- односторонні ДП – це друковані плати з провідним монтажом на одній стороні основи;
- двосторонні ДП – це друковані плати з провідним монтажом на обох сторонах основ;
- багатошарові ДП – це друковані плати, які складаються ізольційних шарів, які чергуються нанесенням на них провідних рисунків.

Для розробляемого приладу вибираємо тип плати двосторонній, тому що велика кількість ЕРЕ не дає змоги реалізувати прилад на односторонній платі і характеризується можливістю забезпечити вимоги до точності виконання провідного рисунку, встановлених навісних елементів на поверхні плати зі сторони пайки без допоміжної ізоляції, використання перемичок з провідного матеріалу.

3.4.2 Вибір класу точності та матеріалу друкованої плати

По точності виконання елементів конструкції друкованої плати діляться на чотири класи точності. Під елементами конструкції друкованої плати розуміють елементи провідного рисунка.

Друковані плати першого і другого класу точності більш прості у виконанні, надійні в експлуатації і мають мінімальну вартість. Друковані плати третього і четвертого класу потребують використання високоякісних матеріалів, інструмента і обладнання, обмеження габаритних розмірів, а в окремих випадках і особливих умов при виготовленні.

Плата буде виконана по 3-му класу точності.

Габаритні розміри друкованої плати повинні відповідати ГОСТ10317-77 при максимальному відношенні сторін 5:1. Рекомендується розроблювати друковану плату пристрою прямокутної форми. Габаритні розміри даної друкованої плати (165x75 мм), товщина друкованої плати визначається товщиною вихідного матеріалу і вибирається в залежності від елементної бази, яка використовується в діючих навантаженнях.

Товщина даної друкованої плати дорівнює 1,5 мм.

Для виготовлення друкованих плат використовують фольговані або нефольговані діелектрики. Вихідними матеріалами для їх виготовлення є папір або склотканина, просякнуті синтетичними смолами, або полімерні плівки з лавсану, ортороплану та ін. На поверхню фольгованих матеріалів металічна фольга (частіше всього мідна) приклеюється з однієї чи двох сторін листа в процесі виготовлення.

Матеріали для друкованих плат вибирають по ГОСТ10316-78, ГОСТ23751-79. Матеріали, що рекомендуються для виготовлення друкованих плат, приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Матеріали друкованих плат

| Матеріали | Параметри матеріалів | | | |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------|---|-----------------|
| | Густина, г/м ³ | Вологостій- кість, % | Питомий опір, Ом·м | Опір розливу |
| СФ-1, СФ-2 ГОСТ10316-78 | 1,9-2,9 | 3,0 | 1·10 ³ - 1*10 ¹¹ | 2000 |
| СТЭф ТУ35- ЭП71-78 | 1,6 | 0,8-1,0 | 1-10 ¹² | 3000-1500 |
| ГФ-1-П ГОСТ10316-78 | 1,5-1,85 | 4,0 | 1·10 ¹² - 1*10 ⁹ | 800 |

Аналізуючи дані таблиці 2.2 видно, параметри склотекстоліту фольгованого СФ-2 є оптимальними для використання даного матеріалу, як основи для виготовлення друкованих плат.

Тому виходячи з вимог ТЗ, виберемо в якості матеріалу плати склотекстоліт фольгований СФ2-35, товщина матеріалу з фольгою 1.5 мм, діапазон робочих температур –60...+120 °С.

3.4.3 Розрахунок контактних площадок та провідників

Проаналізувавши елементну базу, яка використовується в приладі, бачимо, що радіоелементи мають такі діаметри виводів: 0,5; 0,6; 0,7; 0,88; 1,0; 1,3.

Діаметр отворів під радіоелементи знаходять за формулою:

$$d_{отв.} = d_{вив} + (0,2+0,4) \quad (3.3)$$

де $d_{отв.}$ - діаметр отвору, мм

$d_{вив}$ - діаметр виводу, мм

Враховуючи ряд діаметрів, яким необхідно віддати перевагу, використовуємо наступні діаметри виводів:

0,5-0,6 мм - $d_{отв.} = 0,9$; для 0,7-0,8 мм - $d_{отв.} = 1,1$ мм;

0,88-1,0 мм - $d_{отв.} = 1,3$; 1,3 мм - $d_{отв.} = 1,5$ мм.

Мінімальний діаметр контактної площадки визначається при умові збереження цілності контактної площадки при сверлінні отворів. Розрахунок контактної площадки приводим по формулі:

$$D_{КП} = d_{ОТВ} + d_{ВВ} + 2 \cdot b + \Delta t_{ВВ} + 2\Delta t_{ТР} + \sqrt{T_d^2 + T_D + d_{НВ}^2} \quad (3.4)$$

де $d_{ВВ}$ та $d_{НВ}$ - верхнє та нижнє відхилення діаметра отвору;

b - ширина гарантійного поясу;

$\Delta t_{ТР}$ - верхнє гарантійне відхилення діаметру;

$\Delta t_{ВВ}$ - допуск на протравлення провідника, мм;

T_d - позиційне відхилення отвору, мм;

T_D - позиційне відхилення контактної площадки, мм.

Відповідно ГОСТ 23751-86 вибираємо: $\Delta t_{ВВ} = 0,1$ мм, $d_{НВ} = 0,13$ мм,

$b = 0,1$ мм, $T_d = 0,08$ мм, $T_D = 0,15$ мм.

Для комбінованого методу виготовлення друкованих плат $\Delta t_{ТР} = 0$ мм

$$D_{КП1} = 0,9 + 2 \cdot 0,1 + 0,1 + \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,13^2} = 1,41 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_{КП1} \approx 1,5$ мм

$$D_{КП2} = 1,1 + 2 \cdot 0,1 + 0,1 + \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,13^2} = 1,61 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_{КП2} = 1,7$ мм

$$D_{КП3} = 1,3 + 2 \cdot 0,1 + 0,1 + \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,13^2} = 1,81 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_{КП3} = 1,9$ мм

$$D_{КП4} = 1,5 + 2 \cdot 0,1 + 0,1 + \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,13^2} = 2,01 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_{КП4} = 2,1$ мм

Визначаємо мінімальну ширину провідників кола живлення:

$$b_{min} = \frac{I_{max}}{J_{доп} \cdot t} \quad (3.5)$$

де I_{max} - максимальний постійний струм, А;

$J_{доп}$ - допустима густина А/мм²;

t - товщина провідника, мм

Значення максимального струму взяті з довідкової літератури. Для даного типу друкованої плати $J_{доп} = 48$ А/мм², $t = 0,032$ мм

$$b_{minI} = \frac{0,2}{48 \cdot 0,035} = 0,12 \text{ мм}$$

Приймаємо ширину провідників рівну 0,25 мм.

3.4.4 Розрахунок паразитних ємностей та індуктивностей

Виходячи з топології друкованої плати, знаходимо два найдовші провідники, та довжину їх перекриття. В даному випадку найбільша довжина перекриття провідників становить 80мм.

Ємнісні та індуктивні взаємовпливи сусідніх ділянок схеми залежать відповідно від паразитної ємності C і паразитної взаємоіндукції M між двома друкованими провідниками.

$$C = C_{nog} \cdot l_n \quad (3.6)$$

де C_{nog} – погонна ємність між двома провідниками, пФ/см;

l_n – довжина взаємного перекриття провідників, см.

Погонна ємність між двома провідниками:

$$C_{nog} = K_n \cdot \varepsilon' \quad (3.7)$$

де K_n – коефіцієнт пропорційності;

ε' - діелектрична проникність.

Для провідників, які знаходяться по одну сторону плати:

$$\varepsilon' = 0,5(\varepsilon_n + \varepsilon_c) \quad (3.8)$$

де ε_n – діелектрична проникність повітря;

ε_c – діелектрична проникність склотекстоліту.

Для повітря $\varepsilon_n=1$, для склотекстоліту $\varepsilon_c=8$ [5, 6].

$$\varepsilon' = 0,5(1+8) = 4,5$$

для третього класу точності ширина провідника 0,25 мм, відстань між двома провідниками 0.5мм. відношення відстані між провідниками до ширини провідника –2.

Виходячи з цього, по графіку визначаємо $K_n=0/13$

$$C_{nog} = 0,13 \cdot 4,5 = 0,585 \text{ пФ/см}$$

$$C = 0,585 \cdot 2,9 = 1,69 \text{ пФ}$$

Паразитна взаємодія між двома провідниками [6]

$$M=2 \cdot l \cdot \left(l_n \frac{2 \cdot l}{S_1 + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)} - 1 \right) \quad (3.9)$$

де l – довжина взаємного покриття провідників, м;

S_1 – відстань між провідниками;

t_1, t_2 – ширина провідників, м;

$$M=2 \cdot 0,029 \cdot \left(0,08 \cdot \frac{2 \cdot 0,029}{0,0005 + 0,5 \cdot (0,00025 + 0,00025)} - 1 \right) = 0,3 \text{ мГн}$$

Індуктивність друкованого провідника:

$$L=l_{noz} \cdot l \quad (3.10)$$

де l_{noz} – погонна індуктивність друкованого провідника, мкГн/см (визначається у відповідності з ост 4.ГО.010.009 по рисунку 3.15 [6])

$$L_{noz}=0,018 \text{ мкГн/см}$$

$$L=0,018 \cdot 2,9=0,0522 \text{ мкГн}$$

З наведених розрахунків паразитних ємності та індуктивності видно, що параметри знаходяться в межах норми і не потребують додаткових заходів по їх зниженню [6,7].

3.5 Розрахунок теплового режиму пристрою

Збільшення густини упакування компонентів та швидкості переключення елементів бази призводить до зростання питомої потужності розсіювання. Значна частина електричної енергії, що споживається активними елементами радіоелектронної апаратури, перетворюється в теплову, що підвищує температуру конструкції. Тепловий режим, просторова тимчасова зміна температури впливає на завадостійкість та інтенсивність відмов елементів. Будемо розглядати тільки стаціонарний режим, при якому температура всіх схем конструкції не змінюється в часі.

Тепловий режим конструкції РЕА залежить від температури навколишнього середовища, потужності джерел теплової енергії, та системи охолодження, а також від умов теплообміну.

3.6 Розрахунок температури нагрітої зони та корпусу приладу

Початкові дані для розрахунку:

Розміри корпусу:

Ширина $L_1=84$

Довжина $L_2=132$

Висота $L_3=45$

Товщина стінок корпусу $\Delta=2$ мм;

Ступінь чорноти внутрішніх і зовнішніх поверхонь $\varepsilon=0.09$;

Потужність, що розсіюється блоком $P=5$ ВА;

Температура навколишнього середовища $t_c=20$ °С;

Задаємося температурою перерізу корпусу $\Delta t_{ki}=10$ °С;

Температура корпусу в цьому випадку

$$t_{ki}=t_c + \Delta t_{ki} \quad (3.11)$$

де t_c – температура навколишнього середовища

$$t_{ki}=20+10=30 \text{ °С}$$

Знаходимо середню температуру

$$t_m=0,5(t_{ki}+t_c) \quad (3.12)$$

$$t_m=0,5(30+20)=25 \text{ °С}$$

Скориставшись номограмою, зображеною на рис.3.4 [6], визначимо коефіцієнт тепловіддачі $\dot{\alpha}_k$ для всіх поверхонь корпусу, враховуючи визначаючий розмір цієї поверхні. Для горизонтально орієнтованої поверхні за визначаючий розмір приймемо розмір найменшої сталої, тоді

$$\dot{\alpha}_k=3,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}).$$

Орієнтація верхньої, нижньої і бокової поверхні корпусу приладу враховується введенням коефіцієнтів

$$\dot{\alpha}_{кв}=1,3 \quad \dot{\alpha}_k=1,3 \cdot 3,6=4,68 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}).$$

$$\dot{\alpha}_{KH}=0,7 \cdot \dot{\alpha}_K=0,7 \cdot 3,6=2,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}).$$

$$\dot{\alpha}_{KB}=\dot{\alpha}_K=3,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}).$$

По програмі, яка зображена на рис.3.5 [6] знаходимо значення коефіцієнту променевипромінювання корпусу:

$$\dot{\alpha}_K=6.05 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}).$$

Розрахуємо конвективну $r_k=\dot{\alpha}_{KB} \cdot S_B+\dot{\alpha}_{KH} \cdot S_H+\dot{\alpha}_{KB} \cdot S_B$,

де S_B, S_H, S_B – відповідно площі верхньої, нижньої і бокової поверхонь корпусу, м^2 .

$$\delta_K=4,68 \cdot 0,0111+2,52 \cdot 0,0111+3,6 \cdot 0,0038=0,0965 \text{ Вт}/\text{град}$$

$$\delta_\Lambda = \alpha_\Lambda \cdot (S_B + S_H + S_\delta), \quad (3.13)$$

$$\delta_{KOP} = \delta_K + \delta_\Lambda = 0,0936 + 0,15731 = 0,2509 \text{ Вт}/\text{градус}$$

Визначаємо теплову провідність від умовно нагрітої зони до корпусу δ_3 :

$$\delta_K = 22 \cdot [(L_1 - 2 \cdot \Delta)(L_2 - 2 \cdot \Delta)],$$

Визначимо теплову провідність від умовно нагрітої зони до корпусу

$$\delta_3 = 22 \cdot (0,21 - 2 \cdot 0,0012)(0,065 - 2 \cdot 0,0012) = 0,586 \text{ Вт}/\text{град}$$

Розрахуємо температуру нагрітої зони

$$t_3 = t_c + \Delta t_{ki} \left(1 + \frac{\delta_{KOP}}{\delta_3} \right) \quad (3.14)$$

$$t_3 = 20 + 10 \left(1 + \frac{0,2503}{0,586} \right) = 40$$

Знайдемо потужність перегріву, що розсіюється в блоці

$$P_1 = \delta_{KOP} \cdot (t_{ki} - t_c) \quad (3.15)$$

$$P_1 = 0,2509 \cdot (30 - 20) = 2,509 \text{ Вт}$$

Потужність, що розсіюється, складає близько 40-50% від потужності споживання, тобто 1.5 Вт, а конструктивні особливості приладу дозволяють розсіювати потужність 2 Вт.

Таким чином даних умов вентиляції достатньо для нормального температурного режиму роботи пристрою, що розробляється.

3.7 Розрахунок надійності

Надійність - властивість об'єкту зберігати в часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах використання, технічного обслуговування, ремонтів, збереження і транспортування (ГОСТ 27.002-83).

Проведемо розрахунок надійності [6], [7], [8].

Інтенсивність відмов елементів системи знаходиться за формулою:

$$\lambda_{\mu} = \lambda_{0\mu} * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * \alpha_i(T, K_H), \quad (3.16)$$

де k_1, k_2 - поправочні коефіцієнти, що залежать від механічних дій;

k_3 - коефіцієнт що залежить від вологості повітря та температури;

k_4 - коефіцієнт, що залежить від тиску;

$\alpha_i(T, K_H)$ - коефіцієнт, що залежить від температури корпусу елемента і коефіцієнту навантаження;

λ_{0i} - номінальна інтенсивність відмов і-го елемента.

Коефіцієнт електричного навантаження можна знайти за формулами:

а) для мікросхем

$$K_H = \frac{\sum_{ex}^n}{I_{вих}}, \quad (3.17)$$

де n - кількість навантажених входів;

б) для транзисторів

$$K_H = \frac{I_{к.роб}}{I_{к.ном}}, \quad (3.18)$$

де I_k - струм, який протікає через колектор транзистора;

в) для резисторів

$$K_H = \frac{P_{роб}}{P_{н.о.м}}, \quad (3.19)$$

де P - потужність, що розсіюється резистором;

г) для генераторів

$$K_n = \frac{U_{роб}}{U_{н.о.м}} \quad (3.20)$$

де U - напруга, прикладена до конденсатора.

За величиною температури експлуатації елементів та значеннями коефіцієнта електричного навантаження за табличними даними (рисунок 4.2 та рисунок 4.3 [9]) можна визначити значення комплексного коефіцієнту $\alpha_i(T, K_n)$.

Занесемо дані щодо параметрів надійності елементів пристрою до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Параметри надійності РЕА

| Назва елементів | Номінальна інтенсивність відмов P_{oi} , год ⁻¹ | Коефіцієнт $\alpha(T, K_n)$ | Кількість елементів n |
|-----------------|--|-----------------------------|-------------------------|
| Резистори | $0,1 \cdot 10^{-7}$ | 1,5 | 24 |
| Діоди | $0,2 \cdot 10^{-7}$ | 1,6 | 4 |
| Мікросхеми | $0,2 \cdot 10^{-7}$ | 2,2 | 14 |
| Процесор | $0,3 \cdot 10^{-7}$ | 1,3 | 13 |
| Транзистори | $0,3 \cdot 10^{-7}$ | 1,1 | 13 |
| Конденсатори | $0,5 \cdot 10^{-9}$ | - | 235 |

Ймовірність відмов системи:

$$P_{(S)} = \exp\left(-\sum_1^n \lambda_i \cdot t_p\right) \quad (3.21)$$

де t_p - інтервал часу напрацювання на відмову.

Інтенсивність відмов всієї системи можна знайти за формулою:

$$\lambda_S = \sum_i^n \lambda_{oi} \quad (3.22)$$

Середній час напрацювання на відмову можна знайти за формулою:

$$T = \frac{1}{\lambda_S} \quad (3.28)$$

Згідно з даними наведеними в таблиці 2.3, проведено розрахунок надійності системи. Після виконання розрахунків були отримані такі результати:

ймовірність безвідмовної роботи $P=0,787$;

інтенсивність відмов всієї системи $\lambda_S=0,058 \cdot 10^{-7}$ год⁻¹;

середній час напрацювання на відмову $T=1314,04$ год.

Таким чином, середній час напрацювання на відмову перевищує заданий час безвідмовної роботи ($T=10000$ год).

3.8 Моделювання за допомогою програми PSPICE

3.8.1 Вибір схеми для моделювання

Для моделювання скористаємося фрагментом схеми, в склад якого входить перетворювач струму на операційному підсилювачі. Оскільки це частотно - залежна схема, то промодельємо її амплітудно-частотну характеристику, коефіцієнт підсилення (перехідний процес), здійснимо параметричне моделювання. Для уяви принципу роботи підсилювача та необхідної елементної бази, складемо крти напруг, струмів та потужностей [10, 11].

3.8.2 Підготовка до моделювання

Після створення схеми пристрою, що моделюється, потрібно ввести символи джерел сигналів. В бібліотеці Source.olb знаходяться символи джерел постійної та змінної напруги / струму, а також символи аналогових та цифрових сигналів: Pulse, Exp, PWL, Sffm. В бібліотеці Sourcstm.olb знаходяться символи джерел сигналів, які створюються з допомогою програми Stimulus Editor. Символи VSTIM і ISTIM призначені для створення джерел напруги / струму аналогових сигналів, а - DigStim - цифрових сигналів [10].

Перед моделюванням схеми всім її компонентам необхідно присвоїти позиційні позначення (Reference Designator). Позиційні позначення, як правило, вводяться при розстановці компонентів на схемі. Але якщо в процесі редагування частина компонентів отримала однакові позиційні позначення або не для всіх компонентів проставлені ці позначення, то виконується команда Tools >Annotate. Крім того ця команда виконує так звану „упаковку” (упаковка окремих символів в фізично існуючі корпуса) компонентів, необхідну для розробки друкованої плати.

По команді Analysis>Electrical Rule Check перевіряється наявність в схемі не з'єднаних (плаваючих) виводів компонентів, співпадаючих позиційних позначень та інше.

Перед виконанням моделювання необхідно переконатися, що підключені файли з математичними бібліотеками компонентів схеми. Додаткові бібліотеки та інші необхідні для моделювання файли підключаються по команді Analysis>Library and Include File.

Конфігурація програми побудови графіків виконується по команді Pspice>Edit Simulation Profile.

Запуск програми моделювання починається після вибору команди Pspice>Run. При цьому автоматично виконуються команди Electrical Rule Check і Create Netlist.

2.8.3 Типи моделювання

AC Sweep – розрахунок частотних характеристик. В діалоговому вікні задання параметрів режиму AC Sweep є 2 розділи. В першому розділі AC Sweep Type задаються параметри директиви зміни частоти:

- Linear – лінійна шкала;
- Octave – зміна частоти октавами;
- Decade – зміна частоті декадами.

В розділі Sweep Parameters задаються параметри діапазону частот:

- Total Pts... - загальна кількість точок при виборі лінійного масштабу або кількість точок на одну декаду чи октаву;
- Start Freq. – початкова частота;
- End Freq. – кінцева частота.

DC Sweep – варіація параметрів при розрахунку режиму по постійному струму.

В якості змінних можуть виступати :

- імена незалежних джерел напруги чи струму;
- параметри моделей компонентів (вказується тип компонента, ім'я моделі і в круглих дужках ім'я параметра);
- температура;

- глобальні параметри (вказується ключове слово PARAM, за яким ім'я параметра що змінюється, визначеного вище.

Характер зміни параметрів задається ключовими словами:

Lin - лінійний масштаб,

Dec, Oct - логарифмічний масштаб декадами чи октавами,

List - список значень.

Якщо вказані специфікації 2-х параметрів, що змінюються, то перший параметр змінюється в заданих межах для кожного значення другого параметра.

Transient – розрахунок перехідних процесів.

Перед початком розрахунку перехідних процесів розраховується режим по постійному струму. Крок інтегрування вибирається автоматично. Якщо заданий параметр <початковий момент виводу даних>, то видача результатів розрахунків починається з заданого часу.

Digital Setup – задання параметрів цифрових пристроїв.

Параметри цифрових пристроїв встановлюються в діалоговому вікні Digital Setup в вікні вибору директив моделювання. В розділі Timing Mode встановлюється тип часу затримки в усіх компонентах:

- Minimum – мінімальна;
- Typical – типова;
- Maximum – максимальна;
- Worst-case (Min/Max) – варіація затримки при розрахунку найгіршого випадку.

В розділі Default A/D Interface задається тип моделі інтерфейса вхід/вихід.

В розділі Flip-flop Initialization задаються початкові значення вихідних станів тригерів:

- All X - присвоїти невизначений стан X;
- All 0 - присвоїти стан логічного „0”;
- All 1 - присвоїти стан логічної „1”.

3.8.3Трасування друкованої плати

Розробка друкованої плати, після завантаження OrCAD Layout, розпочинається після виконання команди File New. Спочатку вводиться ім'я технологічного шаблону (*.tch), потім - ім'я файлу списку з'єднань (*.mnl) і на завершення - ім'я файлу плати , що створюється (*.max).

Технологічні шаблони виконують такі функції [11]:

- завантажують стратегії розміщення компонентів і трасування провідників;
- встановлюють структуру шарів друкованої плати;
- встановлюють параметри всіх сіток;
- встановлюють параметри всіх стеків контактних площадок, виводів компонентів і перехідних отворів.

Можна скористатися стандартними технологічними шаблонами, що знаходяться в папці Orcad\Layout\Data або створити власний.

У подальшому параметри технологічного шаблону можна змінити, або загрузити новий шаблон. Але, якщо схема виконана в дюймовій системі, то і технологічний шаблон повинен мати відповідну систему одиниць.

В процесі завантаження списку з'єднань для кожного символу схеми в бібліотеках корпусів компонентів */LLB (Footprint Libraries) знаходиться відповідний корпус. Ця відповідність вказується або з допомогою атрибута PCB Footprint чи з допомогою файлу System.prt.

Після успішного завершення завантаження списку з'єднань на робочому екрані OrCAD Layout зображаються корпуса компонентів даного проекту з електричними зв'язками.

Для створення контура друкованої плати в меню Tool вибирається команда Obstacle і викреслюється замкнений багатокутник з типом бар'єру Board Outline. По цій же команді задаються бар'єри розміщення або трасування провідників та області металізації, задаючи відповідний тип бар'єру.

Вибравши в меню Інструменти Component Tool, розміщують компоненти, які мають визначене місце на платі – роз'єми, радіатори, трансформатори і т.п.

OrCAD Layout в меню Auto має групу відповідних команд, достатніх для розробки простих плат. Глобальні параметри стратегії автотрасування задаються в діалоговому вікні, яке відкривається по команді Options > Route > Setting. Всі інші

параметри задаються в діалогових вікнах, що відкриваються по командам Options > Route Strategies.

Після закінчення трасування необхідно запустити інструмент Route Spacing Violations (Порушення Зазорів Трасування), що перевірить відповідність критеріям зазорів, перерахованим у таблиці Route Spacing.

Очищення проекту виявляє естетичні і виробничі проблеми (не прямі кути, гострі кути, неправильну форму областей металізації, виходи з контактних площадок і перекриття перехідних отворів), що могли з'явитися під час розведення плати. Ви повинні завжди запускати Design Rule Check після запуску Cleanup Design.

Щоб очистити Ваш проект з меню Auto виберіть Cleanup Design.

Запуск команди Run Post Processor створює файли для шарів, група яких дозволена в таблиці Post Process. Вихідні файли будуть створені для кожного шару й одержать розширення, що відповідають типові виведеної

3.9 Аналіз конструкторсько-технологічних характеристик

Однією з найважливіших характеристик РЕА є технологічність конструкції, під якою необхідно розуміти сукупність властивостей РЕА, що дозволяють оптимально використовувати кошти, матеріали і час при технічній підготовці виробництва, виготовлення, експлуатації і ремонті в порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій того ж призначення.

Для оцінки технологічності РЕА використовують відносні показники K_i і комплексний показник K_k , що розраховується за середньозваженим значенням відносних показників із врахуванням коефіцієнтів φ_i , що характеризують вагову значимість показників, тобто ступінь їх впливу на трудомісткість виготовлення виробів.

Значення відносних показників K_i знаходиться в межах $0 \leq K_i \leq 1$, при цьому ріст показників відповідає вищій технологічності РЕА. Вираз для розрахунку відносного показника може мати вигляд або простого відношення $\frac{a}{b}$ або $1 - \frac{a}{b}$

[16].

Перший вираз використовується в тих випадках, коли величина наближується до b , що відповідає підвищенню технологічності РЕА, другий – коли наближення величина a до b знижує технологічність. Коефіцієнт φ розраховується за формулою:

$$\varphi_i = \frac{i}{2^{i-1}}, \quad (3.1)$$

де i – порядковий номер показника технологічності в послідовності [16].

Базовими показниками технологічності для блоків радіотехнічного класу є наступні: коефіцієнт підготовки радіоелементів $K_{\text{ПРЕ}}$ (для нього $\varphi = 1$), коефіцієнт автоматизації монтажу $K_{\text{АМ}}$ ($\varphi = 1$), коефіцієнт складності збірки $K_{\text{СЗБ}}$ ($\varphi = 0,75$), коефіцієнт механізації контролю $K_{\text{МК}}$ ($\varphi = 0,5$), коефіцієнт прогресивності формоутворення $K_{\text{Ф}}$ ($\varphi = 0,31$), коефіцієнт повторюваності радіоелементів $K_{\text{ПОВ РЕ}}$ ($\varphi = 0,185$), коефіцієнт складності обробки $K_{\text{С ОБ}}$ ($\varphi = 0,11$). Обчислимо дані коефіцієнти за нижче наведеними формулами [15].

1. Коефіцієнт підготовки РЕ:

$$K_{\text{ПРЕ}} = 1 - \frac{N_{\text{МПРЕ}}}{N_{\text{РЕ}}}, \quad (3.2)$$

де $N_{\text{МПРЕ}}$ – кількість радіоелементів, виводи яких формуються автоматизовано;

$N_{\text{РЕ}}$ – загальне число радіоелементів у виробі;

$$K_{\text{ПРЕ}} = 1 - \frac{8}{76} = 0,105.$$

2. Коефіцієнт автоматизації монтажу:

$$K_{\text{АМ}} = \frac{N_{\text{АМ}}}{N_{\text{М}}}, \quad (3.3)$$

де $N_{\text{АМ}}$ – кількість монтажних з'єднань, виконаних автоматизовано;

$N_{\text{М}}$ – загальна кількість з'єднань;

$$K_{\text{АМ}} = \frac{219}{219} = 1.$$

3. Коефіцієнт складності збірки:

$$K_{\text{СЗБ}} = 1 - \frac{N_{\text{ТСК}}}{N_{\text{ТВ}}}, \quad (3.4)$$

де $N_{\text{ТСК}}$ – кількість типорозмірів вузлів, які під час складання потребують регулювання;

$N_{\text{ТВ}}$ – загальна кількість типорозмірів вузлів;

$$K_{CЗБ} = 1 - \frac{1}{4} = 0,75.$$

4. Коефіцієнт механізації контролю:

$$K_{МК} = \frac{N_{МК}}{N_{К}}, \quad (3.5)$$

де $N_{МК}$ – кількість автоматизованих контрольних операцій;

$N_{МК}$ – загальна кількість контрольних операцій;

$$K_{МК} = \frac{1}{5} = 0,2.$$

5. Коефіцієнт прогресивності формоутворення:

$$K_{Ф} = \frac{N_{ПР}}{N_0}, \quad (3.6)$$

де $N_{ПР}$ – кількість деталей, виконаних прогресивним методом;

N_0 – загальна кількість деталей;

$$K_{Ф} = \frac{3}{4} = 0,75.$$

6. Коефіцієнт повторюваності радіоелементів:

$$K_{ПОВРЕ} = 1 - \frac{N_{ТРЕ}}{N_{РЕ}}, \quad (3.7)$$

де $N_{ТРЕ}$ – кількість типорозмірів радіоелементів;

$N_{РЕ}$ – загальна кількість радіоелементів;

$$K_{ПОВРЕ} = 1 - \frac{13}{76} = 0,83.$$

7. Коефіцієнт складності обробки:

$$K_{C ОБ} = 1 - \frac{N_{СТР}}{N_0}, \quad (3.8)$$

де $N_{СТР}$ – кількість деталей, виготовлених методом зняття стружки;

N_0 – загальна кількість деталей;

$$K_{C ОБ} = 1 - \frac{1}{4} = 0,75.$$

В число показників, що обираються за базові, повинні включатися показники, які здійснюють найбільший вплив на технологічність конструкції РЕА певного призначення і умов використання.

Склад базових показників технологічності, їх в послідовність за значимістю, коефіцієнти значимості φ_i для радіотехнічних виробів приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Базові показники технологічності

| Тип | $K_{\text{ПРЕ}}$ | $K_{\text{АМ}}$ | $K_{\text{СЗБ}}$ | $K_{\text{МК}}$ | $K_{\text{Ф}}$ | $K_{\text{ПОВ РЕ}}$ | $K_{\text{С ОБ}}$ |
|-------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------|-------------------|
| φ_i | 1,00 | 1,00 | 0,75 | 0,50 | 0,31 | 0,185 | 0,11 |
| K_i | 0,105 | 1,00 | 0,75 | 0,20 | 0,75 | 0,83 | 0,75 |

Основний показник, що використовується для оцінки технологічності конструкції – комплексний показник, який визначається на основі базових показників за формулою [16]:

$$K_K = \frac{\sum_{i=1}^S K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^S \varphi_i}; \quad (3.9)$$

де K_i – базовий показник відповідного класу блоків РЕА;

i – порядковий номер показника в послідовності;

S – загальне число взятих базових показників технологічності;

$$K_K = \frac{0,105 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 0,75 \cdot 0,75 + 0,75 \cdot 0,31 + 0,83 \cdot 0,185 + 0,75 \cdot 0,11}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,31 + 0,185 + 0,11} = 0,554.$$

За відомим нормативним комплексним показником оцінка технологічності РЕА виражається відношенням досягнутого K_K до нормативного K_H , причому це відношення повинно відповідати умові $\frac{K_K}{K_H} \geq 1$.

Для оцінки технологічності для даної конструкції встановлюється $K_H=0,5$, обчислюємо:

$$\frac{K_K}{K_H} = \frac{0,554}{0,5} \geq 1,11.$$

Як бачимо з розрахунків, $1,11 \geq 1$ – задовольняє умові, тобто технологічність є достатньою і не потребує заходів для її підвищення.

3.10 Розробка технології складання пристрою

Технологічною слід вважати конструкцію, яка повністю відповідає висунутим до виробу експлуатаційним вимогам, може бути здійснена найбільш економічними технологічними процесами.

Всі навісні елементи (конденсатори, резистори, діоди, транзистори, мікросхеми, котушки індуктивності) перед монтажем та складанням проходять підготовку, при якій випрямляють, підрізають, лудять та вигинають виводи. В даній конструкції вигинати виводи слід лише для кварцового резонатора та котушок індуктивності, виготовлених вручну.

Підготовка навісних деталей ведеться з використанням спеціальних пристосувань та установок, які дозволяють механізувати ці операції.

Технологічний процес складання та монтажу блока включає наступні етапи:

- заготовку монтажних проводів, зачищення, лудіння їх кінців, підготовку до паяння електрорадіоелементів;
- кріплення монтажних проводів та виводів радіодеталей на друкованій платі (сполучення плати з роз'ємами);
- паяння з'єднань;
- контроль якості виконання робіт.

3.10.1 Технологічний процес виготовлення друкованої плати

З міркувань зменшення розмірів функціонального блоку, виготовляється двостороння друкована плата (ДДП). Для виготовлення таких плат найбільш технологічним є комбінований позитивний метод.

Послідовність операцій під час виготовлення ДДП цим методом наступна:

- виготовлення робочих фотошаблонів методом контактного експонування;
- операція суміщення малюнку двох фотошаблонів (верхній та нижній шари), та склеювання конверту для двостороннього експонування, вставки між плівками фотошаблонів робляться однакової товщини із склотекстолітом;
- для автоматичного суміщення отворів на фотошаблоні проводиться пробивання раніше відмічених базових отворів, з точністю 0,05 мм;

- написання програми свердління отворів на станку з числово-програмним керуванням (ЧПК);
- розкрій листа на заготовки;
- складання заготовок плат у пакети 8-10 шт. та пробивання базових отворів (на матриці з пуансонами);
- свердління отворів на станках з ЧПК;
- очищення заготовок;
- проведення наскрізної металізації методом хімічного осадження хлорного паладію;
- обробка отворів з металізацією (використовують спеціальні металокерамічні свердла з твердих сплавів);
- хімічна очистка фольгованого покриття плат;
- нанесення плівкового фоторезисту типу ФІШ-1 товщиною 70 мкм;
- заготовку плати вставляють у конверт та суміщують базові отвори;
- для щільного прилягання шаблонів до заготовки між ними відкачують повітря, створюючи вакуум;
- здійснення двостороннього експонування за допомогою джерел ультрафіолетового світла;
- проявлення фоторезисту в конвеєрних потокових установках модульного типу, обладнаних пристроями подачі розчинів з їх фільтрацією та керуванням тиску. Для проявлення може бути використаний розчин: трихлоретилен – 70% та толуол – 30%;
- проводиться нанесення фоторезисту при температурі 180⁰ С;
- травлення міді з пробільних місць, його виконують хімічним методом в розчині хлорної міді, так як він не взаємодіє з задубленим фоторезистом;
- зняття захисного фоторезисту органічними травниками;
- гальванічне покриття доріжок сплавом «Розе»;
- промивка плат в дистильованій воді;
- вирубка плат із технологічних заготовок;
- обробка контуру плати;
- нанесення маркувальних знаків;

- контроль плати відділом технічного контролю (ВТК).

3.10.2 Технологія монтажу елементів на друкованій платі

Технологічний процес монтажу складається з операцій: нанесення флюсу; паяння; очищення; контроль. Нанесення флюсу на з'єднувальні поверхні здійснюється пензлем.

Перед паянням флюс підсушується при температурі 80-100⁰ С, а плата підігрівається. Так роблять через те, що під час взаємодії рідкого флюсу з розплавленим припоєм проходить бурхливе кипіння розчинника з утворенням значної кількості газів та парів, які відтісняють розплавлений припій від зони пайки і призводять до пористості монтажних з'єднань. Контакткування розплавленого припою із флюсом, що не висох, охолоджує його поверхневі шари за рахунок теплоти пароутворення, що погіршує якість пайки. Попередній нагрів плати також сприяє встановленню теплового балансу в системі «плата-припій», зменшує тепловий удар, внутрішнє напруження в з'єднаннях та короблення друкованої плати. Для пайки компонентів використовуємо флюс КЭ, до якого входить каніфоль 30-40% та спирт етиловий 70-60%.

За припій вибираємо легкоплавкий ПОС-61 із вмістом олова 61%. Температура плавлення припою ПОС-61 становить 183⁰ С. Послідовність операцій монтажу елементів на друкованій платі;

1) вімкнути паяльник. Переконатися в наявності заземлення, потрібної кількості припою та флюсу, а також визначити чи працює місцева витяжна вентиляція, надіти антистатичний браслет;

2) запаяти підстроювальні резистори і конденсатор, запаяти кварц і фільтр. Тривалість пайки не повинна перевищувати 4-5 секунд. Перегрів радіоелемента призведе до зміни його параметрів;

3) запаяти конденсатори;

4) запаяти резистори;

5) запаяти котушки індуктивності, варикапи, транзистор;

6) паяються мікросхеми. Пайку здійснювати по діагоналі навхрест;

7) контроль пайки, а також проведення регульовальних робіт.

Під час паяння припій повинен затікати у вільне місце між стінками металізованого отвору та виводом ЕРЕ і злегка проступати на сторону розташування елементів. Слід намагатися щоб не було зайвих напливів припою на выводах та доріжках. Під час пайки повинна бути забезпечена добре змочування сполучених поверхонь припоєм, захист від окислення під час нагрівання до заданої температури, відповідність властивостей припою властивостям з'єднувальних матеріалів, дотримання заданих режимів процесу та надійна фіксація з'єднаних поверхонь на етапі тверднення припою. Виконане з'єднання повинно забезпечувати задану механічну міцність, високу електропровідність, антикорозійну стійкість [16].

Після пайки на поверхні плат залишається деяка кількість флюсу та продуктів його розкладу, які спроможні викликати корозію контактних з'єднань і погіршити діелектричні характеристики використовуваних матеріалів. Тому потрібне очищення друкованих плат. Сліди каніфольних флюсів знешкоджуються промиванням протягом 0,5-1 хвилини в таких розчинниках, як спирт, суміш бензину та спирту (1:1) чи фенолу і ацетону (7:1).

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кошторису витрат на проведення НДДКР з розробки та дослідження конструкції фотоколориметра

Кошторис витрат на проведення НДДКР з розробки та дослідження конструкції фотоколориметра може передбачати наступні основні витрати:

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою [Козловський 2012]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad ()$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці, 22 дні;

t – число днів роботи розробника (дослідника).

Проведення розрахунку зводимо до таблиці.

Таблиця – Основна заробітна плата розробників

| Найменування посади | Місячний посадовий оклад, грн. | Оплата за робочий день, грн. | Число днів роботи | Витрати на заробітну плату, грн. |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| 1. Керівник проекту | 10350,00 | 470,45 | 32 | 15054,55 |
| 2. Інженер-конструктор I кат. | 8750,00 | 397,73 | 10 | 3977,27 |
| 3. Консультант-електронщик | 8250,00 | 375,00 | 15 | 5625,00 |
| 4. Інженер-радіотехнік | 7680,00 | 349,09 | 22 | 7680,00 |
| 5. Науковий співробітник | 9000,00 | 409,09 | 22 | 9000,00 |
| 6. Інженер-схемотехнік | 8750,00 | 397,73 | 16 | 6363,64 |
| 7. Технік I-ї категорії | 5220,00 | 237,27 | 32 | 7592,73 |
| Разом прибіл. | | | | 55293,18 |

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p), що здійснюють підготовчі роботи для НДДКР з розробки та дослідження конструкції фотоколориметра, виготовлення експериментального пристрою, складання та попереднє налагодження, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad ()$$

де t_i - норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n - число робіт по видах та розрядах;

K_c - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками, $K_c=1$;

C_i - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

C_i визначається за формулою [Козловський 2012]:

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}}, \quad ()$$

де, M_n - мінімальна місячна оплата праці, грн., $M_n = 4173,00$ грн.;

K_i - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

T_p - число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дн;

$T_{зм}$ - тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Проведені розрахунки заносимо до таблиці.

Таблиця – Витрати на основну заробітну плату робітників

| Найменуванняробіт | Трудоміст- кість, нормо- годин | Розряд роботи | Тарифний коефіцієнт | Погодинна тарифна ставка, грн. | Величина оплати, грн. |
|---|---|------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Монтаж макетної схеми | 4,25 | 4 | 1,5 | 35,57 | 151,15 |
| 2. Наладка | 3,2 | 5 | 1,7 | 40,31 | 128,98 |
| 3. Випробування | 6,65 | 3 | 1,35 | 32,01 | 212,86 |
| 4. Виготовлення друкованої плати | 2,2 | 4 | 1,5 | 35,57 | 78,24 |
| 5. Виготовлення корпусу | 1,8 | 4 | 1,5 | 35,57 | 64,02 |
| 6. Монтаж плати | 1,5 | 4 | 1,5 | 35,57 | 53,35 |
| 7. Монтаж інтерфейсу | 0,8 | 3 | 1,35 | 32,01 | 25,61 |
| 8. Наладка інтерфейсу | 1,5 | 3 | 1,35 | 32,01 | 48,01 |
| 9. Складання пристрою | 0,6 | 3 | 1,35 | 32,01 | 19,21 |
| 10. Наладка пристрою | 1,6 | 5 | 1,7 | 40,31 | 64,49 |
| 11. Регулювання компонентів пристрою | 0,8 | 5 | 1,7 | 40,31 | 32,25 |
| 12. Випробування пристрою | 0,8 | 3 | 1,35 | 32,01 | 25,61 |
| 13. Регулювання пристрою | 0,2 | 5 | 1,7 | 40,31 | 8,06 |
| Разом | | | | | 911,84 |

Додаткова заробітна плата розробників та робітників, які приймали участь в проведенні НДДКР з розробки та дослідження конструкції фотоколориметра.

Додаткова заробітна плата розраховується як 10 % від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$Z_d = Z_o \cdot 10 / 100\% \quad ()$$

$$Z_d = (55293,18 + 911,84) \cdot 10 / 100 \% = 5620,50 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22% від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$H_z = (Z_o + Z_d) \cdot 22 / 100\% \quad ()$$

$$H_3 = (55293,18 + 911,84 + 5620,50) \cdot 22 / 100\% = 13601,61 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали, що були використані на розробку компонентів, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [Козловський 2012]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad ()$$

де, - H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i - вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця – Витрати на основні матеріали

| Найменування матеріалу, марка, тип, сорт | Одиниця виміру | Ціна за одиницю, грн. | Витрачено | Вартість витраченого матеріалу, грн. |
|--|----------------|-----------------------|-----------|--------------------------------------|
| Папірофісний канцелярський (А4) | уп. | 135,00 | 4,0 | 540,00 |
| Носій інформації (компакт-диск) | шт. | 11,20 | 4,0 | 44,80 |
| Канцелярські товари | компл. | 165,00 | 6,0 | 990,00 |
| Картридж для принтера Canon SLJ1324 | шт. | 1760,00 | 1,0 | 1760,00 |
| Лак УР-231 | кг | 210,00 | 0,05 | 10,50 |
| Флюс БС-2 | кг | 260,00 | 0,01 | 2,60 |
| Припой ПОС-61 | кг | 356,00 | 0,0150 | 5,34 |
| Дріт МЛШ-13 | кг | 45,00 | 0,0400 | 1,80 |
| Склотекстоліт СФ-2-35 | кг | 180,00 | 0,1200 | 21,60 |
| Розчин для травлення | л | 96,00 | 0,7000 | 67,20 |
| Полістиролу ударостійкий білий | кг | 256,00 | 0,100 | 25,6 |
| Всього | | | | 3469,44 |

З врахуванням транспортних витрат вартість матеріалів складе

$$M = 3469,44 \cdot 1,1 = 3816,38 \text{ (грн.)}$$

Витрати на комплектуючі, що були використані на проведення НДДКР з розробки та дослідження конструкції фотоколориметра, розраховуються за формулою:

$$H = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad ()$$

де: H_i — кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i — покупна ціна комплектуючих i -го виду, грн.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця – Витрати на комплектуючі

| Найменування комплектуючих | Кількість, шт. | Ціна за штуку, грн. | Сума, грн. |
|----------------------------|----------------|---------------------|------------|
| Конденсатор К50-16 | 12 | 4,50 | 54,00 |
| Конденсатор К73-9 | 3 | 7,50 | 22,50 |
| Резистор С2-29-В | 35 | 0,38 | 13,13 |
| Резистор СПЗ-37А | 6 | 6,00 | 36,00 |
| Мікросхеми: | | | |
| К157УД1 | 1 | 22,35 | 22,35 |
| Atmega 8 | 1 | 180,15 | 180,15 |
| Стабілітрони: | | | |
| Д818Д | 3 | 1,50 | 4,50 |
| КД208А | 3 | 0,30 | 0,90 |
| КС518А | 1 | 0,98 | 0,98 |
| Фотодіод ФД-24К | 2 | 36,00 | 72,00 |
| Дисплей DM500 | 1 | 450,00 | 450,00 |
| Міднийдріт | 1,5м | 2,25 | 3,38 |
| Плата | 1 | 1,50 | 1,50 |
| Корпус | 1 | 210,00 | 210,00 |
| Разом прибл. | | | 1071,38 |

Витрати на комплектуючі з урахуванням транспортних витрат складають:
 $H = 1071,38 \cdot 1,1 = 1178,51$ (грн.)

Амортизація обладнання, яке використовувалось на проведення НДДКР з розробки та дослідження конструкції фотоколориметра.

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_e} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad ()$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, приміщень тощо, які використовувались для розробки нового технічного рішення, грн.;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців;

T_e – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань бажано звести до таблиці (табл.).

Таблиця - Величина амортизаційних відрахувань

| Найменування обладнання | Балансова вартість, грн | Строк корисного використання, років | Термін використання обладнання, міс. | Величина амортизаційних відрахувань, грн |
|---|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Обчислювальний центр та комп'ютеризована система проектування | 16660,00 | 5 | 2 | 555,33 |
| Вимірювальний комплекс | 10270,00 | 5 | 2 | 342,33 |
| Генератор сигналу | 6770,00 | 5 | 2 | 225,67 |
| Осцилограф | 7350,00 | 5 | 2 | 245,00 |
| Генератор випромінювання | 4640,00 | 5 | 2 | 154,67 |
| Монтажнеобладнання | 2720,00 | 4 | 2 | 113,33 |
| Програмнезабезпечення | 8390,00 | 3 | 2 | 466,11 |
| Лабораторія | 425600,00 | 25 | 2 | 2837,33 |
| Монтажнийінструмент | 1880,00 | 4 | 2 | 78,33 |
| Всього | | | | 5018,11 |

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad ()$$

де, V - вартість 1 кВт-години електроенергії, $V = 2,21$ грн./кВт –година;

P - встановлена потужність обладнання, кВт.;

Φ - фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

K_n - коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці

| Найменування обладнання | Кількість годин роботи обладнання, год. | Встановлена потужність, кВт | Коефіцієнт використання потужності | Величина оплати |
|---|---|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Обчислювальний центр та комп'ютеризована система проектування | 240,00 | 0,85 | 1 | 450,84 |
| Вимірювальний комплекс | 40,00 | 0,76 | 1 | 67,18 |

| | | | | |
|--------------------------|-------|------|------|--------|
| Генератор сигналу | 12,00 | 0,52 | 1 | 13,79 |
| Осцилограф | 56,00 | 0,32 | 1 | 39,60 |
| Генератор випромінювання | 16,00 | 0,36 | 0,95 | 12,09 |
| Монтажнообладнання | 12,50 | 0,4 | 0,92 | 10,17 |
| Всього | | | | 593,68 |

Інші витрати.

Інші витрати охоплюють: загальнопромислові витрати, адміністративні витрати, витрати на збут тощо. Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати розробників та робітників.

Величина інших витрат складе:

$$I = (55293,18 + 911,84) \cdot 200\% / 100 = 112410,04 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати на проведення розробки конструкції.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення НДДКР з розробки та дослідження конструкції фотоколориметра:

$$B = 55293,18 + 911,84 + 5620,50 + 13601,61 + 3816,38 + 1178,51 + 5018,11 + 593,68 + 112410,04 = 198443,85 \text{ (грн.)}$$

4.2 Розрахунок собівартості виготовлення фотоколориметра

Витрати на матеріали, що були використані на розробку пристрою, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [Козловський 2003]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad ()$$

де, - H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i - вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця – Витрати на основні матеріали

| Найменування матеріалу, марка, тип, сорт | Одиниця виміру | Ціна за одиницю, грн. | Витрачено | Вартість витраченого матеріалу, грн. |
|--|----------------|-----------------------|-----------|--------------------------------------|
| Лак УР-231 | кг | 210 | 0,05 | 10,50 |
| Флюс БС-2 | кг | 260 | 0,01 | 2,60 |
| Припой ПОС-61 | кг | 356 | 0,015 | 5,34 |
| Дріт МЛШ-13 | кг | 45 | 0,04 | 1,80 |
| Склотекстоліт СФ-2-35 | кг | 180 | 0,12 | 21,60 |
| Розчин для травлення | л | 96 | 0,7 | 67,20 |
| Полістирол ударостійкий білий | кг | 256 | 0,1 | 25,6 |
| Всього | | | | 134,64 |

Вартість основних матеріалів з урахуванням транспортних витрат складає

$$M = 134,64 \cdot 1,1 = 148,10 \text{ (грн.)}$$

Витрати на комплектуючі, що були використані на виготовлення фотокolorиметра, розраховуються за формулою:

$$H = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad ()$$

де: H_i — кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i — покупна ціна комплектуючих i -го виду, грн.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця – Витрати на комплектуючі

| Найменування комплектуючих | Кількість, шт. | Ціна за штуку, грн. | Сума, грн. |
|----------------------------|----------------|---------------------|------------|
| Конденсатор К50-16 | 12 | 4,50 | 54,00 |
| Конденсатор К73-9 | 3 | 7,50 | 22,50 |
| Резистор С2-29-В | 35 | 0,38 | 13,13 |
| Резистор СПЗ-37А | 6 | 6,00 | 36,00 |
| Мікросхеми: | | | |
| К157УД1 | 1 | 22,35 | 22,35 |
| Atmega 8 | 1 | 180,15 | 180,15 |
| Стабілітрони: | | | |
| Д818Д | 3 | 1,50 | 4,50 |
| КД208А | 3 | 0,30 | 0,90 |
| КС518А | 1 | 0,98 | 0,98 |
| Фотодіод ФД-24К | 2 | 36,00 | 72,00 |
| Дисплей DM500 | 1 | 450,00 | 450,00 |
| Міднийдріт | 1,5м | 2,25 | 3,38 |
| Плата | 1 | 1,50 | 1,50 |
| Корпус | 1 | 210,00 | 210,00 |
| Разом прибл. | | | 1071,38 |

Витрати на комплектуючі з урахуванням транспортних витрат складають:
 $H = 1071,38 \cdot 1,1 = 1178,51 \text{ (грн.)}$

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p), що здійснюють виготовлення пристрою, складання та попереднє налагодження, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою [Козловський 2003]:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad ()$$

де t_i - норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;
 n - число робіт по видах та розрядах;

K_c - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками, $K_c=1$;

C_i - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}}, \quad ()$$

де, M_n - мінімальна місячна оплата праці, грн., $M_n = 4173,00$ грн.;

K_i — тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

T_p — число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дн;

$T_{зм}$ — тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Проведені розрахунки заносимо до таблиці.

Таблиця – Витрати на основну заробітну плату робітників

| Найменування робіт | Трудомісткість, нормо-годин | Розряд роботи | Тарифний коефіцієнт | Погодинна тарифна ставка, грн. | Величина оплати, грн. |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Виготовлення друкованої плати | 0,42 | 4 | 1,5 | 35,57 | 14,94 |
| Виготовлення корпусу | 0,21 | 6 | 2 | 47,42 | 9,96 |
| Монтаж плати | 0,12 | 5 | 1,7 | 40,31 | 4,84 |
| Монтаж інтерфейсу | 0,3 | 6 | 2 | 47,42 | 14,23 |
| Наладка інтерфейсу | 0,1 | 5 | 1,7 | 40,31 | 4,03 |
| Складання пристрою | 0,4 | 4 | 1,5 | 35,57 | 14,23 |
| Наладка пристрою | 0,3 | 6 | 2 | 47,42 | 14,23 |
| Регулювання компоненті в пристрою | 0,52 | 7 | 2,2 | 52,16 | 27,12 |
| Випробування пристрою | 0,35 | 5 | 1,7 | 40,31 | 14,11 |
| Регулювання пристрою | 0,1 | 7 | 2,2 | 52,16 | 5,22 |
| Разом прибл. | | | | | 122,89 |

Додаткова заробітна плата робітників, які приймали участь в виготовленні фотоколориметра.

Розраховується як 10 % від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$Z_d = Z_o \cdot 10 / 100\% \quad ()$$

$$Z_d = 122,89 \cdot 10 / 100\% = 12,29 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$H_3 = (Z_o + Z_d) \cdot 22 / 100\% \quad ()$$

$$H_3 = (122,89 + 12,29) \cdot 22 / 100\% = 29,74 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad ()$$

де, V — вартість 1 кВт-години електроенергії, $V = 2,21$ грн./кВт –година;

P — встановлена потужність обладнання, кВт.;

Φ — фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

K_n — коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці

| Найменування обладнання | Кількість годин роботи обладнання, год. | Встановлена потужність, кВт | Коефіцієнт використання потужності | Величина оплати |
|--------------------------|---|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Вимірювальний комплекс | 0,30 | 0,76 | 1 | 0,50 |
| Генератор сигналу | 0,25 | 0,52 | 1 | 0,29 |
| Осцилограф | 0,12 | 0,32 | 1 | 0,08 |
| Генератор випромінювання | 0,10 | 0,36 | 0,95 | 0,08 |
| Монтажне обладнання | 0,20 | 0,4 | 0,92 | 0,16 |
| Всього | | | | 1,11 |

Загальнопромислові витрати розраховуються згідно нормативів до основної заробітної плати основних робітників і складають:

$$H_{зв} = Z_o \cdot 250 / 100\% \quad ()$$

$$H_{зв} = 122,89 \cdot 250 / 100\% = 307,23 \text{ (грн.)}$$

Виробничасобівартість одиниці продукції

Виробничасобівартість одиниці продукції визначається як сума всіх попередніх витрат

$$S = 148,10 + 1178,51 + 122,89 + 12,29 + 29,74 + 1,11 + 307,23 = 1799,87 \text{ (грн.)}$$

Виробнича собівартість фотоколориметра складає 1799,87 грн.

4.3 Розрахунок ціни реалізації медичного фотоколориметра

Визначення можливої ціни реалізації об'єкта розробки здійснюється на підставі аналізу нижньої та верхньої межі ціни.

Нижня межа ціни

Нижня межа ціни ($C_{нмр}$) захищає інтереси виробника продукції і передбачає, що ціна повинна покрити витрати виробника, які пов'язані з виробництвом та реалізацією продукції, і має забезпечити рівень рентабельності не нижче того, що має підприємство при виробництві вже освоєної продукції.

Ціна реалізації виробу в цьому випадку розраховується за формулою [Кавецький практикум 2016]:

$$C_{нмр} = S_v \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right), \quad ()$$

де $C_{нмр}$ – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

S_v – виробнича собівартість виробу, грн.;

P – нормативний рівень рентабельності, %, рекомендується приймати $P=20\dots60\%$;

w – ставка податку на додану вартість, %, за станом на 2019 рік, $w=18\%$.

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{нмр} = S_v \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 1799,87 \cdot (1 + 0,20) \cdot (1 + 0,20) = 2591,82 \text{ грн.}$$

Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{вмр}$) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції змінюються у відповідності до показника якості і складає $B_2 = 1,2$, а ціна конкурентів на аналогічний продукт складає 3200,00 грн.

$$C_{вмр} = C_{б} \cdot B_n \quad ()$$

$$C_{вмр} = 3200,00 \cdot 1,2 = 3840,00 \text{ грн.}$$

Договірна ціна ($C_{дог}$) може бути встановлена за домовленістю між виробником і споживачем в інтервалі між нижньою та верхньою лімітними цінами згідно виразу:

$$C_{нмр} < C_{дог} < C_{вмр}.$$

З метою забезпечення реалізації продукції договірну ціну приймемо у розмірі 3000,00 грн. Така ціна забезпечить підприємству виробнику покриття витрат і додаткові конкурентні переваги на ринку, зацікавивши споживачів покращеними характеристиками та нижчою ціною в порівнянні з конкурентами.

4.4 Розрахунок чистого прибутку для виробника від реалізації нового технічного рішення

Розрахунок чистого прибутку для виробника проводиться за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[\text{Ц}_p - \frac{(\text{Ц}_p - \text{MP}) \cdot f}{100} - S_b - \frac{q \cdot S_b}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \quad \text{грн.},$$

де: Ц_p – ціна реалізації виробу, носія з програмним продуктом тощо, грн.;
 MP – вартість матеріальних та інших ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення готової продукції; рекомендується приймати: $\text{MP} = (0,4 \div 0,6)\text{Ц}_p$;
 S_b – виробнича собівартість вибору, носія з програмним продуктом тощо, грн.;
 f – зустрічна ставка податку на додану вартість, %. В 2019 р. $f = 16,67\%$;
 h – ставка податку на прибуток, %. В 2019 р. $h = 18\%$;
 q – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, %; рекомендується приймати $q = 5 \div 10\%$.
 N – число виробів (носіїв), які планується реалізувати за рік, 750 шт.;

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[3000,00 - \frac{(3000,00 - 1326,62) \cdot 16,67}{100} - 1799,87 - \frac{10 \cdot 1799,87}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 750 = \\ &= 455828,74 \quad \text{грн.} \end{aligned}$$

Чистий прибуток для виробника складе 455828,74 грн.

4.5 Розрахунок терміну окупності витрат для виробника

Розрахуємо термін окупності витрат T_o (в роках) для виробника за формулою:

$$T_o = \frac{B}{\Pi} \quad ()$$

де B – кошторис витрат на розробку та дослідження, $B=198443,85$ грн.

Π – чистий прибуток для виробника протягом одного року
 $\Pi=455828,74$ грн.

$$T_o = \frac{198443,85}{455828,74} = 0,44 \quad \text{року.}$$

Термін окупності складає менше нормативного строку, отже розробку можна вважати економічно вигідною для виробника.

Висновки

Для визначення економічної доцільності розробки нової конструкції пристрою були проведені розрахунки витрат на проведення НДДКР з розробки та дослідження конструкції фотоколориметра, визначена виробнича собівартість одиниці нового технічного рішення, визначений чистий прибуток, який може отримати виробник протягом одного року від реалізації даної розробки. Строк окупності витрат для виробника складає 0,44 року і є меншим за нормативний, тобто розробку можна вважати економічно вигідною для виробника.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз умов праці

Найважливішою метою суспільства в області охорони праці є забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці на виробництві. Праця повинна перетворитись в найпершу життєву потребу людини. Це можливо тільки в тому випадку, якщо праця людини протікає в умовах, що сприяють розвитку всіх його спроможностей і забезпечують високу продуктивності праці. Крім того, у процесі праці людина не повинна занедужати або одержати травму. У той же час, за даними Міжнародна організація праці щорічно у світі відбувається 50 млн. нещасних випадків (у середньому 160 тис. нещасливі випадки в день). Тому питання охорони праці необхідно вирішувати на стадії проектування, виготовлення і експлуатації виробів.

Розглянемо вимоги охорони праці до приміщення наукової лабораторії. ГОСТ 12.0.003-74* приведена класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Ці фактори по природі дії діляться на:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

Перерахуємо ті фактори, які можуть діяти на працюючого у розглядаємому приміщенні.

1. Підвищена концентрація пилу у повітрі кімнати, яка виникає при природному провітрюванні.
2. Підвищена у теплий період року, або знижена у холодний період року температура повітря робочої зони.
3. Підвищена або знижена відносна вологість повітря при несприятливих погодних умовах.
4. Підвищена або знижена швидкість руху повітря.
5. Підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини (можливо при несправності живлення електричної друкарської машинки).

6. Недостатня освітленість робочої зони від світильників штучного освітлення.
7. Відсутність або недостача природного освітлення через віконні пройми.
8. Напруження зорових аналізаторів при тривалій роботі за комп'ютером.
9. Монотонність праці при тривалій роботі.
10. Емоційні перевантаження при спілкуванні з присутніми.
11. Шум від працюючого устаткування у сусідніх приміщеннях та від обладнання ЕОМ.
12. Статичні фізичні перевантаження при незручній позі, не відповідності робочого місця ергономічним вимогам.
13. Випромінювання при роботі комп'ютера.

5.2 Санітарно-гігієнічні заходи

5.2.1 Параметри мікроклімату

Параметри мікроклімату впливають на працездатність людини. Параметри, які характеризують мікроклімат це - температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання.

У приміщенні знаходяться постійні робочі місця. По ГОСТ 12.1.005-88 необхідно підтримувати в приміщенні параметри, які характеризують мікроклімат це температура, відносна вологість, швидкість руху повітря» інтенсивність теплового опромінювання.

Підвищена вологість повітря в сполученні з низькими температурами провокує переохолодження, а з високими - перегрів організму. Це може призвести до погіршення стану і зниженню працездатності людини. Рухливість повітря сприяє збільшенню віддачі тепла з поверхні тіла шляхом конвекції і, отже, покращує терморегуляцію організму в жаркому приміщенні, але є негативним фактором у приміщенні з низькою температурою.

Параметри мікроклімату можуть бути допустимі і оптимальні. Для підтримання оптимальних параметрів необхідно застосовувати кондиціонування, для підтримування допустимих параметрів достатньо застосування вентиляції.

Нормуємо показники мікроклімату. Оператор виконує легку фізичну роботу категорії Ia при якій енерговитрати до 139 Вт. Це роботи, що виконуються сидячи і супроводжуються незначним фізичним навантаженням. Робоче місце постійне, т. я. оператор проводить на ньому більш 50% свого робочого часу.

На робочому місці згідно з ГОСТ 12.1.005-88 [16] необхідно підтримувати оптимальні параметри мікроклімату, тому що виконується робота операторського типу, яка потребує зосередженості, уваги. Оптимальні показники мікроклімату (температура, відносна вологість і швидкість руху повітря) в приміщенні програмістів повинні бути наступні:

Для холодного і теплого періоду року і категорії робіт Ia - оптимальна температура на постійних робочих місцях 22-24 °С; оптимальна швидкість руху повітря не більше 0.1 м/с; оптимальна відносна вологість 40-60 %;

Шкідливим виробничим фактором повітряного середовища є пил, який виникає при провітрюванні.

Пил негативно діє на організм людини і може викликати захворювання - пневмоконіози.

5.2.2 Вентиляція

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях, у робочій і зонах приміщень, що обслуговується, метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища, ЩО відповідають гігієнічним і технічним вимогам.

Вентиляційні установки - устрої, що забезпечують в приміщеннях такий стан повітряного середовища, при якому людина відчуває себе нормально і мікроклімат помешкань не робить небажаної дії на здоров'я людини. Призначення вентиляції - забезпечити санітарно-гігієнічні умови для перебування в помешканні людини-температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря і чистоту повітря, для чого вентиляційні устрої повинні асимілювати або видаляти надлишкову теплоту, вологу, а також гази, пари, пил з дотриманням при цьому визначеної швидкості руху повітря в помешканні.

Пристрої для вентиляції повинні задовольняти таким вимогам:

а) площа для розміщення вентиляційного обладнання повинна бути мінімальною; розміщення вентиляційних каналів, устроїв для роздачі і забору повітря повинні не погіршувати інтерєрів; б) у промислових будівлях вентиляційні устрої не повинні заважати виробничому процесу; в) повинна бути забезпечена задовільна вібро- і звукоізоляція вентиляційного устаткування від будівельних конструкцій, г) висока ступінь експлуатаційних характеристик систем вентиляції, що, як правило повинна враховуватись при проектуванні.

Для підтримки в приміщенні концентрації пилу меншої за ГДК, необхідно застосовувати вентиляцію. У приміщенні застосовується природна вентиляція. Природна неорганізована вентиляція - через щілини у огороженнях. Організована - по каналах, шахтах, через зовнішні отвори вікон, що відчиняються.

Вибираємо схему організації повітрообміну-зверху вниз (рис 5.1)

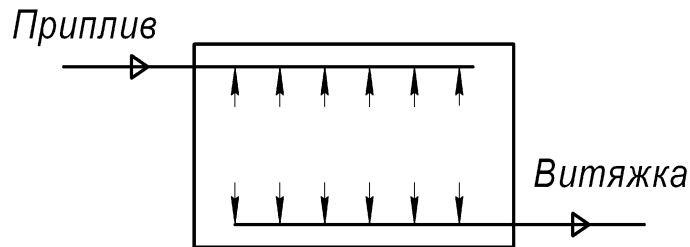


Рисунок 5.1– Схема організації повітрообміну - зверху вниз

Вихідні дані:

- Приміщення – механічний цех
- Розмір приміщення 18x56x7 м²
- Кількість шкідливих речовин (пил) $U = 58464$ мг/год

Визначимо кількість повітря яке потрібно замінити:

$$L = \frac{U}{(k_1 - k_2)} \quad (5.1)$$

Де U – кількість пилу, що надходить у повітря цеху, мг/год

k_1 - гранично допустима концентрація пилу, що надходить у повітря цеху, мг/м³; k_2 - концентрація тих же шкідливих речовин у припливному повітрі, мг/м³;

$$L = \frac{58464}{10} = 5846.4 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначаються площі поперечного перерізу повітропроводів на всіх розрахункових ділянках магістралі і в вітках за формулою, м²

$$f_p = \frac{L}{3600 \cdot v_p} = \frac{5846.4}{3600 \cdot 9} = 0.180 \text{ м}^2$$

Де L - об'єм транспортованого повітря, v_p – швидкість повітря $v_p = 9$ м/с.

Вибираємо стандартні розміри круглого повітропроводу з листової сталі $d = 500$ мм.

Потрібний тиск, необхідний для передачі повітря повітропроводами, визначають через розрахунок суми втрат тиску на тертя і місцеві опори в сітці.

Втрати тиску на тертя для кожної ділянки (починаючи з найввідаленої) і в вітках розраховуються за формулою, Па.

$$P_{i\partial} = R \cdot L = 0.154 \cdot 56 = 8.624 \text{ Па}$$

Де R – питомі втрати тиску на 1 м довжини трубопроводів. L – довжина ділянки або вітки, м.

Питомі втрати тиску можуть бути визначені за табличними даними або за формулою, Па/м

$$R = \frac{\lambda v_{\phi}^2 \cdot \gamma}{d \cdot 2 \cdot g} = 0.031 \frac{9^2 \cdot 1.2}{2 \cdot 9.8} = 0.154 \quad (5.2)$$

Де λ - коефіцієнт опору тертя, який залежить від шорсткості стінок повітропроводу (для сталених повітропроводів $\lambda/d = 0,031$); v_{ϕ} - швидкість повітря м/с, d - діаметр повітропроводів, мм; γ - питома вага, Н/м³; g – прискорення сили тяжіння, м/с².

Значення $\frac{\lambda}{d}$ приймаємо згідно залежно від діаметру повітропроводу d , і швидкості транспортування повітря v_p .

Втрати тиску в місцевих опорах розраховують також послідовно для кожної ділянки і в вітках за формулою, Па:

$$z = \sum \xi \frac{v_{\phi}^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g} = 1.2 \cdot \frac{9^2 \cdot 1.2}{2 \cdot 9.8} = 5.951, \quad (5.3)$$

де ξ - коефіцієнт місцевих опорів, які приймають згідно даних табл.

Коефіцієнти місцевих опорів в трійнику враховують як зі сторони руху повітря магістралі, так із сторони віток. Втрати тиску у хрестовині дорівнюють сумі коефіцієнтів місцевих опорів двох трійників.

Загальні витрати тиску на кожній розрахунковій ділянці і вітках, Па:

$$H = R \cdot L + z = 0.154 \cdot 56 + 5.951 = 14.575 \quad (5.4)$$

Вибір вентиляційного обладнання

Необхідна потужність електродвигуна вентилятора, кВт

$$N_{\text{вент}} = \frac{L \cdot H \cdot K}{3600 \cdot 102 \cdot \eta} = \frac{5846 \cdot 14.575 \cdot 1.1}{3600 \cdot 102 \cdot 0.5} = 0.51 \text{ кВт.} \quad (5.5)$$

Де L –кількість пилу що надходить в робочу зону, м³/г; H – тиск, що створюється вентилятором, Па; K -коефіцієнт запасу, $K = 1,1 \dots 1,5$; η - ККД вентилятора (0,5...0,8)

У відповідності від умов виробництва і потужності вибираємо закритий обдувний двигун

5.2.3 Освітлення

Освітлення у виробничих будівлях і на відкритих площадках може здійснюватися природним і штучним світлом. При недостатності природного освітлення використовується комбіноване освітлення. Останнє являє собою освітлення, при якому у світлий час доби використовується одночасно природне і штучне світло.

Природне освітлення виробничих приміщень може здійснюватися через вікна в бокових стінах (бічне), через верхні світлові прорізи, ліхтарі (верхнє) чи обома способами одночасно (комбіноване висвітлення). Верхнє і комбіноване природне освітлення має переваги в тому, що забезпечують більш рівномірне освітлення приміщень. Бічне ж освітлення створює значну нерівномірність у освітленні ділянок, розташованих поблизу вікон і у віддалині від них. Крім того, у цьому випадку можливе погіршення освітлення через затінення вікон громіздким устаткуванням.

Штучне освітлення призначене для освітлення робочих поверхонь у темний час доби при недостатності природного освітлення. Створюється воно штучними джерелами світла (лампами накаливання чи газорозрядними лампами) і підрозділяється на робоче, аварійне, евакуаційне й охоронне. Штучне освітлення проектується двох систем: загальне і комбіноване. В останньому випадку до загального освітлення додається місцеве. Загальне освітлення призначене для освітлення всього приміщення, воно може бути рівномірним чи локалізованим. Загальне рівномірне освітлення створює умови для виконання роботи в будь-якій місці освітлюваного простору. При загальному локалізованому освітленні світильники розміщують відповідно до розташування устаткування, що дозволяє створювати велику освітленість на робочих місцях.

У приміщенні програмістів постійно знаходяться працюючі і виконують зорові роботи необхідно нормувати природне та штучне освітлення. Пронормуємо освітлення на робочому місці.

Для приміщень для роботи з дисплеями площина нормування - горизонтальна висота площини над підлогою 0,8 м. В приміщенні бокове природне освітлення. Коефіцієнт природної освітленості при природному освітленні $e_n=1,2\%$.

Нормоване значення КПО, e_n для будинків, розташованих в різних районах визначається за формулою:

$$E_N=e_n*m_n \quad (5.6)$$

де e_n - значення КПО, в приміщеннях для роботи з дисплеями й відео терміналами в дисплейних залах $e_n = 1,2 \%$.

m_n - коефіцієнт світлового клімату;

N- номер групи забезпеченості природним світлом.

При орієнтації світлових прорізів на північ для м. Вінниці $m_n=0,9$.

$$e_n=e_n*m_n=1,2*0,9=1,1\% \quad (5.7)$$

Освітленість робочих поверхонь при комбінованому штучному освітленні 500/300 лк, при загальному освітленні 400 лк.

Для світильників необхідно регулярно їх очищати від бруду та пилу. Необхідно лампи замінювати через певний проміжок часу всі разом, т. я. вони з часом втрачають світловий потік і освітленість зменшується. При заміні ламп необхідно виконувати правила техніки безпеки при роботі на висоті. Необхідно щоб були надійні і безпечні засоби доступу до світильників і розташування їх на досяжній висоті.

5.2.4 Шум

Шумом називають усякий несприятливо діючий на людину звук.

Звичайно шум є сполученням звуків різної частоти й інтенсивності. З фізичної точки зору звук являє собою механічні коливання пружної середи. Тому він виникає при роботі обладнання, може попадати у приміщення зовні від працюючого обладнання, систем вентиляції, кондиціонування повітря. Джерелами шуму можуть також бути транспортні засоби, які рухаються на вулиці, якщо вікна приміщення виходять на дорогу.

Слуховий орган людини сприймає у виді чутного звуку коливання пружного середовища, що мають частоту приблизно від 20 до 20 000 Гц, але найбільш важливий для слухового сприйняття інтервал від 45 до 10000 Гц.

Деякі ЕОМ є потенційними джерелами цілого ряду звуків, що містять як коливання, які можна почути, так і коливання ультразвукового діапазону. Цей шум справляє негативний вплив на функціональний стан користувачів.

При тривалій і систематичній дії на працюючого шум чинить негативну дію. Людина швидко втомлюється, падає продуктивність праці, підвищується травматизм. У користувача, діяльність якого пов'язана з переробкою інформації, що часто супроводжується елементами творчості, це виражається у зниженні розумової працездатності (наприклад, швидкість обробки тексту зменшується на 10 - 15%, зростає кількість помилок), у прискоренні розвитку зорового втомлення, зміні відчуття кольорів, підвищенні витрати енергії (на 17%), появі головного болю, розвитку безсоння, послабленні уваги та ін.

Шум може бути фактором, що сприяє розвитку стресу. Відзначено взаємозв'язок між скаргами на шум від ВДТ, з одного боку, та емоційними порушеннями і поганим настроєм - з другого. Вплив шуму на вегетативну нервову систему може проявлятися при рівнях, близьких до припустимого, і призводити до порушення периферійного кровообігу за рахунок спазму капілярів шкіри та слизових оболонок, а також до інших негативних наслідків.

Для вимірювання шуму застосовують різні шумовимірювачі, частотні аналізатори та інші прилади. Частотні аналізатори служать для виділення будь-

якої смути частот для подальшої направленої корекції шуму як за об'єктивними показниками, так і згідно з суб'єктивним сприйняттям користувача. Вимірювання шуму на робочих місцях здійснюється згідно з ГОСТ 12.1.050 — 86 та ГОСТ 23941-79.

Нормованими параметрами шуму на робочих місцях є рівні середньоквадратичних звукових тисків (дБ) та рівні звуку (дБА), що вимірюються по шкалі «А» шумовимірювача. Останні найбільш близькі до фізіологічного сприйняття людиною.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в октавних смугах частот згідно з [23], наведені в таб. 5.2

Таблиця 5.2 – Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку

| Вид трудової діяльності, робочі місця | Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц | | | | | | | | Рівні звуку і еквівалентні рівні, дБА |
|---|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|---------------------------------------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Приміщення конструкторського бюро, лабораторій для теоретичних досліджень і обробки експериментальних даних | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |

Згідно з ГОСТ 12.1.003-83 шум у приміщенні, де виконують роботу, пов'язану з виробленням концепцій, створенням нових програм, викладацькою роботою, творчістю, не повинен перевищувати 40 дБА. Праця керівників виробництва, пов'язана з контролем групи людей, що виконують переважно розумову роботу, не повинна супроводжуватися шумом вище 50 дБА. Висококваліфікована розумова робота, що вимагає зосередженості, може проводитись у приміщеннях, де рівень шуму не перевищує 55дБА. Під час виконання розумової роботи за особистим графіком з інструкцією (операторська та близькі до неї види діяльності) і точних зорових робіт рівень шуму не повинен перевищувати 65 дБА.

Сумарний вплив численних джерел шуму у приміщенні у результаті багаторазового відбиття звукових хвиль може значно перевищити енергію прямого звука від тих же джерел. Шум від окремих приладів не повинен перевищувати фоновий більше ніж на 5 дБ.

Найчастіше рівні акустичного випромінювання, які виходять від ВДТ, охоплюють діапазон частот від 6,3 до 40 кГц. Домінуючими є частоти від 16 до 40 кГц, пов'язані з частотою горизонтальної розгортки. Шум, можливо, виникає у осерді перетворювача горизонтальної розгортки. Не виключено, що всередині ВДТ існують вторинні джерела шуму.

Рівні звукового тиску на відстані приблизно 50 см від багатьох ВДГ у напрямі максимуму випромінювання знаходяться у межах від 30 до 68 дБ (середнє значення - 51 дБ). В діапазоні 16-20 кГц максимальний зареєстрований рівень склав 61 дБ (середнє значення 53 дБ).

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі проектування, використання засобів звукопоглинання, раціональне планування виробничих приміщень.

5.3 Заходи забезпечення безпеки

При проектуванні, організації та проведенні технологічного процесу необхідно передбачити запобігання безпосереднього контакту працюючих з матеріалами, напівфабрикатами, відходами виробництва, що викликають шкідливу дію, заміну технологічних процесів та операцій, які пов'язані з виникненням шкідливих та небезпечних факторів процесами та операціями, при яких вказані фактори відсутні або мають меншу інтенсивність.

Згідно вимог об'єм виробничих приміщень на одного робітника складає 15 м³, висота приміщень 3,2 м. Планування цеху та розташування обладнання забезпечують здійснення технологічного процесу без зворотних та перехресних вантажопотоків.

Робочі місця обладнані місцевою вентиляцією, а робітники забезпечуються спеціальною одежею та іншими засобами індивідуального захисту, запобіжними захисними окулярами, гумовими рукавицями.

Дана-виробнича ділянка належить до приміщень особливо небезпечних, тому що можливе одночасне доторкання людини до металевих частин, пов'язаних з землею і корпусом електрообладнання.

Для уникнення нещасних випадків, пов'язаних з ураженням електричним струмом, згідно з [34] необхідно вжити таких заходів безпеки:

- застосовувати занулення : електрично з'єднати допустимі металеві частини обладнання із захисним нульовим провідником,

- в колах нульових провідників не повинно бути пристроїв, що роз'єднують їх (в тому числі запобіжників),

- в усіх приладах, що використовують високу напругу, необхідно забезпечити електричне з'єднання всіх доступних для дотику металевих частин з проводом заземлення,

- на небезпечних місцях використовують попереджувальні надписи: “НЕБЕЗПЕЧНО! ВИСОКА НАПРУГА ”,

- необхідно користуватись електроприладами та верстатами тільки за правилами експлуатації, що зазначені у технічних паспортах даних приладів.

5.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Причини пожеж у приміщенні програмістів можуть бути наступними:

- куріння;
- користування саморобними нагрівальними приладами у холодний період року;

- короткі замикання, перевантаження, великі перехідні опори в електроспоживачах електроенергії;

- порушення робітниками правил та вимог пожежної безпеки.

Приміщення по вибухопожежній небезпеці відноситься до виробництв категорії В (ОН 111 24-86). Характеристика речовин і матеріалів приміщень категорії В наступна: горючі і важко горючі рідини, тверді горючі і важко горючі речовини і матеріали (у тому числі пил та волокна), речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним лише горіти, при умові,

що це приміщення, де вони знаходяться або обертаються, не відноситься до категорій А або Б.

Приймаємо ступінь вогнестійкості будови, де знаходиться приміщення II, т. я. це будівлі з несучими і відгороджуючими конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плитних негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

Нижче приведені мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій, год.(над ризикою) і максимальні межі розповсюдження вогню по ним, см. (під ризикою) :

Стіни несучі і сходинові клітини - 2/0;

Стіни самонесучі -1/0;

Стіни зовнішні ненесучі (у тому числі з навісних панелей) - 0,25/0; Стіни внутрішні ненесучі (перегородки) - 0,25/0;

Колони - 2/0;

Сходинові площадки, косоури, ступені, балки і марші сходинових клітини - 1/0;

Плити, настили (у тому числі з утеплювачем) і другі несучі конструкції перекрите - 0,75/0;

Елементи покрить: плити, настили (у тому числі з утеплювачем) і прогони - 0,25/0;

Елементи покрить: балки, ферми, арки, рами - 0,25/0.

Для категорії будови В, ступені вогнестійкості будови II допустима кількість поверхів 8, площа поверху в межах пожежного відсіку не обмежується.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до ближчого евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо зовні чи в сходинову клітину для об'єму приміщення до 15 тис м³, категорії приміщення В, ступені вогнестійкості будівлі II при щільності людського потоку до 1 чол/м² - 100 м; більше 1 до 3 ЧОЛ./м² - 60 м; більше 3 до 5 чол. /м²-4м.

Ширину евакуаційного виходу (дверей) із приміщення необхідно приймати в залежності від загальної кількості людей, які евакуюються через цей вихід і

кількості людей на 1 м ширини виходу (дверей). Для об'єму приміщення до 15 тис. м³, категорії приміщення В, ступені вогнестійкості будівлі П кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу (дверей) повинна бути не більше 110 чол.

У приймальній директора можлива пожежа класу А — пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір). Для приміщень категорії В норми первинних засобів гасіння пожеж приведені у табл.5.3

Таблиця 5.3 - Норми первинних засобів гасіння пожеж для приміщень категорії В

| Категорія приміщення | Гранична захищена площа, м ² | Клас пожежі | Пінні та водні вогнегасники місткістю 10 л | Порошкові вогнегасники місткістю, л | | | Хладонові вогнегасники місткістю 2(3) л | Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л | |
|----------------------|---|-------------|--|-------------------------------------|---|-----|---|---|-----|
| | | | | | | 0 | | (3) | (8) |
| В | 00 | 4 | ++ | 2 | + | -Н- | + | — | + |

Примітки:

1. Максимальна площа можливих осередків пожеж класів А та В у приміщеннях, в яких передбачається використання вогнегасників, не повинна перевищувати вогнегасної здатності застосовуваних вогнегасників.

2. Для гасіння осередків пожеж різних класів порошкові вогнегасники повинні мати відповідні заряди: для класу А — порошок АВС (Е); для класів В, С та (Е) — ВС (Е) або АВС (Е) та класу В-В.

3. У таблиці знаком "++" позначені вогнегасники, рекомендовані до оснащення об'єктів, знаком "+" — вогнегасники, застосування яких дозволяється в разі відсутності рекомендованих вогнегасників та за наявності відповідного обґрунтування; знаком "—" вогнегасники, котрі не допускаються для оснащення об'єктів.

5.5 Оцінка безпеки роботи фотоколориметра до дії загрозливих чинників в надзвичайних ситуаціях

Прилад призначений для вимірювання в окремих ділянках діапазону довжин хвиль 315...980 нм, що виділяються світлофільтрами, коефіцієнтів пропускання й оптичної густини рідинних розчинів і прозорих твердих тіл, а також вимірювання концентрації речовин у розчинах після попереднього визначення градуйованої характеристики. Він дозволяє проводити вимірювання коефіцієнтів пропускання суспензій, що розсіюються, емульсій і колоїдних розчинів у світлі, що крізь них проходить, а також активності розчинів. Прилад використовується в медичних установах, а також для очищення питної води від радіонуклідів в надзвичайних ситуаціях (НС) і використання дистилляту в питних цілях після його мінералізації в інших установах. Присутність хлору в повітрі виявляється фотоколориметром. Може використовуватись при еколого-аналітичних вимірах, технологічному контролі, експрес-аналізі в надзвичайних ситуаціях (НС).

Тому фотоколориметр доцільно використовувати в умовах НС, а, отже, розробка заходів щодо покращення роботи в умовах ЕМІ та дії іонізуючого випромінювання є актуальною.

5.5.1 Оцінка безпеки роботи фотоколориметра в умовах дії іонізуючого випромінювання

Дія електромагнітного імпульсу може призвести до загоряння чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання.

Проведемо аналіз фотоколориметра і визначимо радіоелектронні елементи, від яких залежить її функціонування: резистори, конденсатори, мікросхеми.

Визначаємо максимально допустимі рівні радіації, при яких в елементах можуть виникнути незворотні зміни. Дані заносимо в таблицю Проаналізуємо дані, визначаємо межу стійкості $P_{гр}$ роботи РЕА, враховуючи коефіцієнт послаблення радіації ($K_{посл}=4$):

$$P_{гр.мережі} = P_{зв} \cdot K_{посл}, \quad (5.7)$$

$$P_{гр} = 10^4 \cdot K_{посл} = 10^4 \cdot 4 = 40000 \left(\frac{P}{c} \right).$$

Таблиця 5.4 – Максимально допустимі рівні радіації елементів РЕА

| Блоки елементів | Елементи РЕС | P_{epi} , P/c | P_{ep} , P/c |
|---------------------|--|--|----------------|
| 1 Основний пристрій | Резистори СП2-23-0,125 Конденсатори К10-17 Конденсатори К50-35 Транзистори КТ315Г Транзистори КП303И | 10^5 10^6 10^6 10^6 10^6 | 10^4 |
| 2 Блок живлення | Мікросхема TDA2050 | 10^4 | 10^4 |
| 3 Система керування | Діоди Д9Б Кнопки П2К | 10^5 10^5 | 10^5 |

Розрахуємо допустимо максимальний час перебування приладу на території в умовах дії іонізуючого випромінювань та ЕМІ:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_1 (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{\text{посл}}}, \quad (5.8)$$

де, P_1 – максимальне значення рівня радіації ($P_1 = 7,5$ P/год);

t_k – час кінця опромінення ($t_k = 52560$ год);

t_n – час початку опромінення ($t_n = 1$ год).

$K_{\text{посл}}$ – коефіцієнт послаблення ($K_{\text{посл}} = 4$).

Тоді:

$$D_m = \frac{2 \cdot 7,5 (\sqrt{52560} - \sqrt{1})}{4} = 1141,3 \text{ (P)};$$

Допустимий час роботи РЕА в заданих умовах визначається за формулою:

$$t_o = \left(\frac{P_{ep} \cdot K_{\text{осл}} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2 \cdot P_1} \right)^2, \quad (5.9)$$

Тоді:

$$t_o = \left(\frac{10^4 \cdot 4 + 2 \cdot 7,5 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 7,5} \right)^2 = 2001 \text{ (год)}.$$

$P_{гр.} = 10^4 \text{ P} > D_m = 1141,3 \text{ P}$, РЕА є стійкою в роботі, допустимий час стійкої роботи складає 2001 год. Отже, фотоколориметр є стійким в роботі і не потребує захисту від негативного впливу іонізуючого випромінювання.

5.5.2 Оцінка безпеки роботи фотоколориметра в умовах дії електромагнітного імпульсу

Вихідні дані: $U_{ж}=220\pm 5\% \text{ В}$; $l_{в}=0,08 \text{ м}$.

В якості критерію стійкості РЕА в умовах дії електромагнітного імпульсу приймається коефіцієнт безпеки, який визначається за формулою:

$$K_{г} = 20 \lg \frac{U_{д}}{U_{в}} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.10)$$

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{д} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} N(\%) = 220 + \frac{220}{100} 5 = 231 \text{ (В)}.$$

де $U_{ж}$ - робоча напруга живлення;

N - допустимі коливання напруги.

З формули виразимо вертикальну складову напруги наведення на струмопровідних частинах РЕА:

$$U_{в} = \frac{U_{д}}{100} = 2,31 \text{ (В)}.$$

Знаходимо допустиму горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля, при якому коефіцієнт безпеки знаходяться в межах допустимого:

$$U_{в} = E_{г} l_{в}.$$

Звідки

$$E_{г} = \frac{U_{в}}{l_{в}} = \frac{2,31}{0,08} = 28,875 \text{ В/м}.$$

Знаходимо допустиму вертикальну складову напруженості електромагнітного поля, при якому коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого:

$$E_{г} = 10^{-3} E_{в},$$

Звідки:

$$E_{\text{в}} = \frac{U_{\text{г}}}{10^{-3}} = \frac{28,875}{10^{-3}} = 28875 (\text{В/м}) = 28,875 (\text{кВ/м}).$$

Висновок: таким чином, знайдено допустимі горизонтальну та вертикальну складові напруженості електромагнітного поля, при яких коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого, тобто забезпечується безпечна робота РЕА в умовах дії електромагнітних імпульсів.

5.6 Розробка заходів по забезпеченні стійкості роботи фотоколориметра в умовах надзвичайних ситуацій

Розглянемо способи підвищення стійкості радіоелектронних приладів. Основними способами захисту радіоелектронних систем від теплового (світлового) випромінювання є: розміщення апаратури в спорудах, побудованих з негорючих матеріалів, або [обробка](#) спалимих матеріалів захисними складами; заміна горючих елементів на вогнетривкі; захист горючих елементів легкими неспалимими екранами; постачання світлоприймач апаратури закритими світлопроводами або захист їх корпусу для зменшення ймовірності прямого впливу світлового випромінювання; постачання апаратури системою [автоматичної](#) вентиляції для підтримки температури всередині блоків на допустимому рівні.

Для захисту апаратури від іонізуючих випромінювань застосовуються різної конструкції екрани і кожухи. Найважливіші вимоги до матеріалів, з яких виготовляються захисні пристрої, такі: до складу матеріалів повинні входити елементи з великою атомною масою; захисні матеріали повинні включати легкі елементи.

Основними способами підвищення стійкості систем до впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) є: вибір найбільш стійких до впливу ЕМІ функціональних елементів систем; раціональне просторове розміщення вузлів і схем системи; створення стійких радіоелектронних схемних рішень; застосування заходів спеціального захисту; зміна порядку функціонування системи при подачі [сигналу](#) повітряної тривоги.

Висновки. Отже, у розділі охорона праці та безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях, було розглянуто забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці для роботи з фотоколориметром, запропоновані заходи безпеки, та заходи пожежної безпеки.

Також в даному розділі були проведені розрахунки оцінки безпеки роботи фотоколориметра при дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу.

Результати проведених розрахунків визначили, що оцінка безпеки роботи фотоколориметра є стійким в роботі і не потребує захисту від негативного впливу іонізуючого випромінювання. При дії ЕМІ коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого, тобто забезпечується безпечна робота РЕА.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи була розроблена і проаналізована конструкція фотоколориметра, Призначений для виміру коефіцієнтів пропускання, оптичної щільності прозорих рідинних розчинів і швидкості її зміни, а також для визначення концентрації розчинів. Застосування дифракційних ґрат і мікропроцесорної системи забезпечує широкий і безперервний спектральний діапазон від 315 до 990 нм.

В результаті попереднього технічного аналізу в розділі техніко-економічного обґрунтування на основі попередніх розрахунків показано доцільність розробки вихідного блоку у порівнянні з аналогічними конструкціями російських і зарубіжних фірм. Як було попередньо визначено, вартість приладу склала 1240 грн, що менше, ніж у аналогів, а також пристрій містить більше функціональних характеристик. Здійснено аналіз ринку аналогічних приладів, і оцінено можливі економічні вигоди споживача при використанні розроблюваного приладу, та приблизну партію випуску приладів для фотоколориметра – 1779 штук.

В конструкторському розділі здійснено аналіз елементної бази та проведено необхідні розрахунки друкованої плати. Розроблено схему електричну принципову пристрою, топологічне креслення плати та складальне креслення плати і пристрою. Розглянуто технологічний процес виготовлення друкованої плати. Розроблена друкована плата пристрою має високу віброміцність, надійність, ємнісну та особливо індуктивну сумісність, що підтверджено відповідними розрахунками.

У розділі охорони праці розглянуто питання техніки безпеки на робочому місці працівника, а також на ділянці механічної обробки друкованої плати пристрою.

Опрацьовано проблеми захисту приладу від впливу іонізуючих та ЕМ імпульсів. Визначено, що наш прилад здатен стійко працювати в умовах дії іонізуючого та електромагнітного випромінювання.

Також в дипломній роботі розроблена структурна схема приладу, проведений опис схеми електричної принципової, вибрана елементна база, проведене

трасування друкованої плати, визначені габаритні розміри плати, які становлять 165x75 мм, а також проведені розрахунки діаметрів контактних площадок та ширини друкованих провідників. Були визначені габаритні розміри конструкції приладу та визначено масу приладу маса приладу 0,9кг.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

2. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

3. Козловський В. О. Техніко-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75с.

4. Черникова П. Д. Техніко-економіческие расчеты и обоснования в дипломных проектах. – Минск, 1973, 188с.

5. Терещук Р. М., Терещук К. М. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: Справочник радиолюбителя. – К.: Наукова думка, 1989.—8 00с.

6. Механизм токопереноса в структуре металл – Tb_2GeS_5 – Ge/В.Ф. Агафонников, В.И. Гаман, С.Ф. Глушук, Л.И. Терехина//Изв. вузов. Физика. – 1981. –№1. – С. 3 – 7.

7. Генерационные свойства МДП-структур $Al - Tb_2GeS_5 - Ge$ /В.Ф. Агафонников, В.И. Гаман, С.Ф. Глушук, Л.И. Терехина//Изв. вузов. Физика. – 1982. –№7. – С. 28 – 31.

8. Агафонников В.Ф. Эффект переключения и механизм токопереноса в тонких пленках дисульфида германия/В.Ф. Агафонников, В.И. Гаман, С.Ф. Глушук, Л.И. Терехина; Редкол. журн. «Изв. вузов. Физика». – Томск, 1981. – 7с.:ил.. – Библиогр.:10 назв. – Деп. в ВИНТИ 20.11.81, № 4535 – 81.

9. Агафонников В.Ф. Генерационные свойства структур металл – $GeS_2 - Ge$ /В.Ф. Агафонников, В.И. Гаман, С.Ф. Глушук, Л.И. Терехина. Редкол. журн. «Изв. вузов. Физика». – Томск, 1982. – 5 с.:ил.. – Библиогр.:2 назв. – Деп. В ВИНТИ 30.02.82, № 4536 – 81.

10. Автономный электростимулятор-зонд/В.Ф. Агафонников, С.Ф. Глуцук, Г.Ц. Дамбаев, А.Г. Мартусевич, В.В. Пекарский//Электронная промышленность. – 1986. – №5. – С. 35 – 36.

11. Мартусевич А.Г. Применение автономного электростимулятора-зонда желудочно-кишечного тракта в хирургии внепеченочных желчных путей/ А.Г. Мартусевич, С.Ф. Глуцук //Использование технических средств в реконструктивной и восстановительной хирургии: тез. докл. I – й науч. конф. мол. Ученых СФ ВНЦХ АМН СССР. – Иркутск, 1986. – С. 129 – 130.

12. О влиянии автономной электрической стимуляции желудочно-кишечного тракта на функцию имплантированных электрокардиостимуляторов /А.И. Оферкин, А.Г. Мартусевич, О.С. Попов, С.Ф. Глуцук//Актуальные вопросы кардиологии: Недостаточность кровообращения (патогенез, диагностика, лечение). – 1986. – Вып. I. – С. 100 – 101.

13. Исследование электрохимической поляризации и коррозии электродов автономного электростимулятора желудочно-кишечного тракта, изготовленных из стали 12Х18Н9/В.Ф. Агафонников, С.Ф. Глуцук, И.В. Гиречева, О.И. Налесник//Мед. техника. – 1987. – №2. – С. 27 – 31.

14. Горобец А. И., Степаненко А. И., Коронкевич В. М. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры. К.: Техника 1985.—312с.

15. Горохов В.А. Комплексная микроминиатюризация в электросвязи. – М.: Радио и связь, 1987. - 280 с

16. Ольхов Б.О. Основы проектирования сборочных единиц ЭВМ. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1980. - 255 с

17. Дульнев Г.И., Тарковський Н.И. Тепловые режимы радиоэлектронной аппаратуры. - Л.: Энергия, 1971. - 248 с.

18. Парфенов Е.М. Проектирование конструкций РЕА. - М.: Радио и связь, 1989. - 296 с.

18. Ненашев А.П., Маланич Ю. А. Конструирование радиоэлектронных систем. - М.: Высшая школа, 1990, - 432 с.

19. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА/ В.Т. Белинский и др.. - К.:Вища школа,1992.

20. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы
21. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности / К. Н. Ткачук, Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов, Е. Н. Шкляренко: Учеб. Пособие. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1988.-240с.
22. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
23. СНИП II-4-79 Естественное и искусственное освещение.
24. СН 3223-85 Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах.
25. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность.
26. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Охорона праці”. Для студентів всіх спеціальностей. / Укладач Бондаренко Е. А. – Вінниця : ВДТУ, 1999.- 16с.
27. Геврик Е. О. Охорона праці : Навч. Посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003.-280с.
28. Сивко В. Й. Розрахунки з охорони праці: Навч. посібник / МО і науки України. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 152с.
29. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения : Справочник / Г. П. Демиденко, П. П. Орлов и др. Под ред. Демиденко – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк., Голов. изд-во, 1989-287с.
30. Сакевич В. Ф. Основи питань цивільної оборони в дипломних проектах : Навч. Посіб. / МО і науки України. – Вінниця : ВДТУ, 2001.-108с.
31. Атаманюк В. Г. и др. Учебн. для вузов. Под ред. Д. И. Михайлика – М.: Высш. шк., 1986. - 207с: ил.
32. ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
33. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
34. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

35. Пособие по расчету и проектированию, естественного, искусственного и совмещенного освещения НИИСФ – М.: Стройиздат. 1985. – 384 с.

36. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

37. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

38. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

39. Методичні вказівки до опрацювання розділу “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов’язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.

40. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К. : Держнаглядохоронпраці, 1998. – 382 с.

41. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БМІ

д.т.н., проф. С.М. Злепко

“ _____ ” _____ 2019р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ФОТОКОЛРИМЕРА

08-35.МКР.178.12.000 ТЗ

Керівник МКР

к.т.н. доцент. кафедри БМІ

Коваль Л.Г.

Виконавець: ст.гр. БМА-18м

Ванжула Р.С..

Вінниця 2019

1. Назва МКР: Дослідження та розробка конструкції гастроентеростимулятора.

2. Виконавець МКР: студент групи БМА-18м Сергатюк В.В.

3. Підставою для виконання МКР є протокол засідання кафедри БМІ №01 від 29.09. 2019р.

4. Мета виконання МКР і призначення продукції: розробка та дослідження гастроентеростимулятора. При цьому малося на увазі вирішення таких основних завдань. Перш за все було необхідно розробити пристрій, який задовольнить поставленні технічні вимоги і при цьому буде доступний широкому загалу медичних закладів.

5. Джерела розробки:

1. Механизм токопереноса в структуре металл – Tb_2GeS_5 – Ge/В.Ф. Агафонников, В.И. Гаман, С.Ф. Глушук, Л.И. Терехина//Изв. вузов. Физика. – 1981. –№1. – С. 3 – 7.

2. Генерационные свойства МДП-структур $Al - Tb_2GeS_5 - Ge$ /В.Ф. Агафонников, В.И. Гаман, С.Ф. Глушук, Л.И. Терехина//Изв. вузов. Физика. – 1982. –№7. – С. 28 – 31.

3. Агафонников В.Ф. Эффект переключения и механизм токопереноса в тонких пленках дисульфида германия/В.Ф. Агафонников, В.И. Гаман, С.Ф. Глушук, Л.И. Терехина; Редкол. журн. «Изв. вузов. Физика». – Томск, 1981. – 7с.:ил.. – Библиогр.:10 назв. – Деп. в ВИНТИ 20.11.81, № 4535 – 81.

4. Агафонников В.Ф. Генерационные свойства структур металл – $GeS_2 - Ge$ /В.Ф. Агафонников, В.И. Гаман, С.Ф. Глушук, Л.И. Терехина. Редкол. журн. «Изв. вузов. Физика». – Томск, 1982. – 5 с.:ил.. – Библиогр.:2 назв. – Деп. В ВИНТИ 30.02.82, № 4536 – 81.

5. Автономный электростимулятор-зонд/В.Ф. Агафонников, С.Ф. Глушук, Г.Ц. Дамбаев, А.Г. Мартусевич, В.В. Пекарский//Электронная промышленность. – 1986. – №5. – С. 35 – 36.

6. Мартусевич А.Г. Применение автономного электростимулятора-зонда желудочно-кишечного тракта в хирургии внепеченочных желчных путей/ А.Г. Мартусевич, С.Ф. Глушук //Использование технических средств в

реконструктивной и восстановительной хирургии: тез. докл. I – й науч. конф. мол. Ученых СФ ВНЦХ АМН СССР. – Иркутск, 1986. – С. 129 – 130.

7. О влиянии автономной электрической стимуляции желудочно-кишечного тракта на функцию имплантированных электрокардиостимуляторов /А.И. Оферкин, А.Г. Мартусевич, О.С. Попов, С.Ф. Глушук//Актуальные вопросы кардиологии: Недостаточность кровообращения (патогенез, диагностика, лечение). – 1986. – Вып. I. – С. 100 – 101.

8. Исследование электрохимической поляризации и коррозии электродов автономного электростимулятора желудочно-кишечного тракта, изготовленных из стали 12Х18Н9/В.Ф. Агафонников, С.Ф. Глушук, И.В. Гиречева, О.И. Налесник//Мед. техника. – 1987. – №2. – С. 27 – 31.

6. Технічні вимоги:

6.1 Призначення: пристрій відноситься до медичної апаратури.

Параметри:

| | |
|---------------------------------------|-----|
| – напруга живлення, В | 220 |
| – споживана потужність, Вт, не більше | 5 |

6.2 Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів:

Вимоги міцності при транспортуванні:

| | |
|------------------------------------|--------|
| – тривалість ударного імпульсу, мс | 5...10 |
| – прискорення пікове, g | 5 |
| – загальне число ударів, не менше | 13000 |

Вимоги до ударної міцності:

| | |
|------------------------------------|--------|
| – тривалість ударного імпульсу, мс | 5...10 |
| – прискорення пікове, g | 10 |
| – загальне число ударів, не менше | 15000 |

Експлуатаційні параметри:

| | |
|-------------------------|-----------|
| – температура, °С | -20...+60 |
| – відносна вологість, % | 85 |

6.3 Вимоги надійності:

| | |
|--|------|
| – середнє напрацювання на відмову, годин | 4000 |
|--|------|

6.4 Вимоги до конструкції:

| | |
|-------------------------------------|-----|
| – вага, не більше, кг | 0,6 |
| – об'єм, не більше, см ³ | 750 |

6.5 Вимоги технологічності: пристрій виготовляти за новітніми технологіями.

6.6 Вимоги уніфікації та стандартизації: пристрій повинен складатися зі стандартних виробів, з використанням новітніх розробок.

6.7 Вимоги до дизайну, ергономіки та технічної естетики: прилад повинен бути зручним для використання, ремонтпридатним.

6.8 Вимоги експлуатації та зручності ремонту: прилад повинен бути зручним для експлуатації та виконання ремонту.

6.9 Вимоги безпеки життя: прилад повинен бути безпечним для користувача та виконуючого ремонт, не мати відкритих частин, мати ізоляцію.

6.10 Вимоги взаємозамінності прилад повинен бути блочного типу, конструкція комплексного блоку повинна розбиратися, схема повинна складатися з доступної елементної бази.

6.11 Вимоги транспортування і зберігання: відсутні.

6.12 Вимоги до якості і технічного рівня: прилад повинен відповідати сучасному рівню медичної апаратури.

7. Техніко-економічні вимоги: виробництво даного приладу повинно окупитися не більше ніж за 2 роки.

8. Вимоги до сировини та матеріалів: матеріали, з яких вироблятиметься даний прилад, мають бути екологічно чистими, і легкими.

9. Вимоги до консервації, пакування та маркування: не потребує.

10. Вимоги до розробленої документації:

– склад КД: пояснювальна записка, схема електрична принципова, перелік елементів, структурна схема, креслення друкованої плати, складальне креслення друкованої плати, специфікація.

12. Стадії та етапи МКР:

12.1 Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1 Аналітичний огляд питання

2 дослідження та розробка методів та засобів стимуляції ШКТ.

3. Конструкторсько-технологічний розділ.
4. Економічна частина;
5. Розділ охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

12.2 Перелік графічного матеріалу:

1. Структурна схема;
2. Схема електрична принципова;
3. Топологія друкованої плати;
4. Складальне креслення друкованої плати;
5. Моделювання;

Таблиця А.1 – Етапи виконання магістерської кваліфікаційної роботи

| Назва розділу магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання |
|--|-----------------|
| Розробка технічного завдання | до 20.10.2019 |
| Техніко-економічний аналіз завдання, економічного середовища, обґрунтування вихідних даних та оптимального варіанту розробки | до 01.11.2019 |
| Розв'язання основної задачі | до 15.11.2019 |
| Розробка заходів з охорони праці | до 20.11.2019 |
| Розрахунок техніко-економічних показників | до 25.11.2019 |
| Оформлення графічної частини та пояснювальної записки | до 01.12.2019 |
| Попередній захист | 06.12.2019 |

Розробив студент групи БМА-18м _____ Ванжула Р.С..