

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

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
магістра

**на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ
МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО НЕЙРОСТИМУЛЯТОРА»**

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

Вінськевич В.М.

Керівник к.т.н., доц. Тимчик С.В.

Рецензент

Вінниця 2019

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій радіоелектроніки 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 Вінськевичу Владиславу Миколайовичу

1. Тема МКР «Дослідження та розробка конструкції мікроконтролерного нейростимулятора»

керівник роботи Тимчик С.В., 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 мікроконтролерний нейростимулятор.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): огляд існуючих нейростимуляторів; дослідження методик для проведення терапії при застосуванні нейростимуляторів; конструкторсько-технологічний розділ; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; економічна частина .

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

Структурна схема пристрою; схема електрична принципова; топологія друкованої плати; складальне креслення друкованої плати.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Спеціальна частина	Тимчик С.В., к.т.н., доц..		
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 _____ Вінськевич В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Тимчик С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У даній магістерській кваліфікаційній роботі досліджено та розроблено конструкцію мікроконтролерного нейростимулятора. Здійснено розробку структурної схеми пристрою, проведено конструкторські розрахунки та промодельовано один з блоків пристрою. Описано технологію виготовлення друкованої плати та порядок складання пристрою.

Розраховано економічний ефект від розробки та впровадження пристрою. Розглянуті питання охорони праці під час виготовлення пристрою та визначено стійкість його роботи при дії електромагнітного та іонізуючого випромінювання.

SUMMARY

In this master's qualification work the design of microcontroller neurostimulator was investigated and developed. The structural scheme of the device was developed, the design calculations were made and one of the units of the device was modeled. The technology of PCB manufacturing and the order of assembly of the device are described.

The economic impact of the design and implementation of the device is calculated. The questions of safety during manufacturing of the device are considered and stability of its work at the influence of electromagnetic and ionizing radiation is determined.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ НЕЙРОСТИМУЛЯТОРІВ..	6
1.1 Аналіз принципів дії мікроконтролерних нейростимуляторів.	6
1.2 Існуючі принципи будови нейростимуляторів.	8
1.3 Обґрунтування та вибір аналогу	9
1.4 Розробка технічних вимог до проєктованого пристрою	11
1.5 Оцінка наукового, технічного та економічного рівня НДДКР	12
1.6 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	14
1.7 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки	18
Висновки.....	20
2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИК ПРИ ЗАСТОСУВАНІ НЕЙРОСТИМУЛЯТОРІВ	21
2.1 Методи нейростимуляції.....	21
2.2 Транскраніальна нейростимуляція	22
2.3 Основи методу транскраніальної нейростимуляції.....	27
2.4 Дискретний імплантований нейростимулятор	32
2.5 Живлення і відновлення даних	34
2.6 Методи протибольової нейростимуляції	36
2.7 Вибір параметрів стимулюючого струму	37
2.8 Вимоги до електродів для ЧЕНС.....	38
2.9 Вимоги до конструкції стимулятора	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	40
3.1 Аналіз схеми електричної принципової.....	40
3.2 Аналіз елементної бази	41
3.3 Аналіз аналогічних конструкцій	44
3.4 Компонування пристрою	45
3.4.1 Загальні відомості та завдання конструювання.....	45
3.4.2 Розробка різних варіантів конструкції та їх аналіз.....	46
3.4.3 Визначення габаритів та маси пристрою	48
3.4.4 Розрахунок надійності пристрою	52
3.4.5 Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанту розв'язання основної задачі роботи	54

3.5 Розробка конструкції друкованої плати.....	56
3.5.1 Вибір типу друкованої плати.....	56
3.5.2 Вибір класу точності друкованої плати	56
3.5.3 Вибір матеріалу друкованої плати	57
3.5.4 Розрахунок діаметрів контактних площадок	58
3.5.5 Розрахунок ширини провідників	59
3.5.6 Трасування друкованої плати	60
3.6 Розрахунок плати на вібростійкість	62
3.7 Розрахунок на завадостійкість.....	64
3.8 Тепловий розрахунок пристрою.....	65
3.9 Моделювання частини схеми за допомогою програми OrCAD	67
3.10 Аналіз конструкторсько-технологічних характеристик.....	69
3.11 Розробка технології складання пристрою.....	73
3.11.1 Технологічний процес виготовлення друкованої плати	73
3.11.2 Технологія монтажу елементів на друкованій платі	75
3.11.3 Технологія складання пристрою.....	76
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	77
4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці	77
4.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони.....	77
4.1.2 Виробниче освітлення.....	79
4.1.3 Виробничі віброакустичні коливання	80
4.1.4 Виробничі випромінювання	81
4.1.5 Розрахунок суміщеного освітлення методом світлового потоку.....	82
4.2 Технічні рішення з безпеки під час проведення дослідження	91
4.2.1 Безпека щодо організації робочих місць.....	91
4.2.2 Електробезпека	92
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	93
5.1 Прогнозування витрат на проведення науково-дослідної роботи з розробки та дослідження нейростимулятора.....	93
5.2 Основна заробітна плата робітників	94

5.3 Розрахунок додаткової заробітної плати робітників	95
5.4 Нарахування на заробітну плату	95
5.5 Амортизаційні відрахування	96
5.6 Оренда обладнання	97
5.7 Витрати на матеріали	97
5.8 Витрати на комплектуючі	98
5.9 Інші витрати.....	100
5.10 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	101
5.11 Розрахунок ціни реалізації виробу	103
5.12 Розрахунок прибутку для виробника	104
5.13 Розрахунок терміну окупності витрат	104
ВИСНОВКИ	105
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	107
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	111

ВСТУП

Актуальність теми: Протягом декількох років дослідники намагаються встановити повідомлення через живі нейрони (нервові клітини). В даний час добре відомо, що електричне стимулювання деяких нервів і деяких областей головного мозку можна використовувати для передачі інформації, яка вже не може забезпечуватися власними очима або вухами людини, для стимулювання паралізованих м'язів, стимулювання вегетативних нервів, управління функцією сечового міхура, завдання темпу серця або управління протезними кінцівками.

Для досягнення цього необхідно встановити електричне з'єднання між джерелом електричного стимулювання і нейронами-мішенями. Це з'єднання має встановлюватися через електроди вкрай малих розмірів, щоб ізолювати електричні струми дуже малими областями живої тканини. Ці маленькі електроди можуть розміщуватися в безпосередній близькості від нервових клітин-мішеней, і електричний струм, створюваний джерелом стимуляції, можна потім безпосередньо вводити в нерви. Для того щоб обмежити механічну травму, заподіювану вставкою і хронічною присутністю структур електродів, вся структура електродів та пов'язані з нею провідники повинні бути якомога меншими, володіючи при цьому необхідної здатністю проводити електричну енергію, і повинні виготовлятися з матеріалів, які не реагують з живим організмом, і не пошкоджуються агресивним оточенням тіла. Через дуже низьку прикладену напругу і струму імплантовані електроди повинні бути надійно ізольованими. Крім того, пристрої нейростимуляції вимагають застосування герметичного корпусу, в якому генеруються сигнали стимуляції і енергія.

Як наслідок необхідності підвищити мініатюризацію цих пристроїв нейростимуляції, розроблено широкий ряд методів створення фігурних компонентів, створити які вручну було б занадто важко або неможливо, в кількостях, що задовольняють потребу галузі. Це особливо відноситься до області медичних імплантатів та електричних пристроїв, які імплантуються в тіло для виконання конкретних завдань. Ці пристрої можуть включати: стимулюючі пристрої, такі як електро-кардіостимулятори, кохлеарні

імпланти, функціональні електричні стимулятори; реєструючі пристрої, такі як датчики нейронної активності тощо.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є вдосконалення та підвищення ефективності електростимуляційної терапії шляхом створення приладу для лікування больових синдромів за допомогою низьковольтної електротерапії спинного мозку, з метою блокування больових синдромів а також транскраніальної електростимуляції захисних механізмів мозку.

Об'єктом магістерської кваліфікаційної роботи – процес електростимуляції ділянок спинного мозку, головного мозку.

Предметом магістерської кваліфікаційної роботи є конструкція приладу для нейростимуляції.

Завданням магістерської кваліфікаційної роботи є: аналіз відомих нейростимуляторів, дослідження методик для застосування нейростимуляторів, обґрунтування вихідних даних та оптимального варіанту розробки, розробка конструкції приладу та вибір технологічного процесу виготовлення пристрою, розрахунок техніко-економічних показників, розробка заходів з охорони праці.

Розроблюваний прилад є медичним електронним приладом і відноситься до категорії складних медичних приладів. Він призначений для проведення фізіотерапевтичної процедури нейростимуляції, з метою неінвазивного лікування хвороб нервової та серцево-судинної систем.

Практичне значення одержаних результатів полягає в:

- Розроблений мікроконтролерний нейростимулятор;
- розроблено структурну схему та принципову схему мікроконтролерного нейростимулятора;

Достовірність теоретичних положень. Магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням алгоритмів та методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ НЕЙРОСТИМУЛЯТОРІВ

1.1 Аналіз принципів дії мікроконтролерних нейростимуляторів

Нейростимуляція - лікування болю за допомогою низьковольтної електростимуляції спинного мозку з метою блокування больових відчуттів.

Терапія, що полегшує біль за допомогою електростимуляції нервових закінчень через електроди, розміщені епідурально. Нейростимуляція активує блокуючі біль нейронні кола в спинному рiзку і викликає поколювання (парестезія), що приховують больові відчуття. Попередня (тестова) нейростимуляція показує реакцію пацієнта до лікування і є необхідною перед впровадженням електродів.

Найбільш типові показання до нейростимуляції:

- Хронічні болі (FBSS);
- Постійні невропатичні болю спини і ніг;
- Симпатичних підтримувана біль, зокрема Комплексний регіональний больовий синдром (КРБС) I і II типів.

Нейростимуляція на сьогоднішній день кращий метод лікування невропатичного болю периферійних нервових закінчень і ноцицептивних нейронів.

Методи лікування FBSS:

Неінвазивні:

- Медикаменти;
- Блокування нервів;
- Кортикостероїдні ін'єкції;
- Фізіотерапія.

Мінімально-інвазивні:

- Фіксаційна хірургія;
- Повторна операція;
- Мануальна терапія.

Ретроспективне дослідження пацієнтів з повторною хірургічною операцією показало поліпшення тільки у 34%. Якщо ці методи лікування безуспішні, то нейростимуляція - відмінна альтернатива. Електроди поміщаються черезшкірно в епідуральної області спинного мозку у відповідних нервових закінчення. Електричний струм з електродів викликає парестезію, інтенсивність і область дії якої може регулюватися для досягнення найкращого знеболюючого ефекту.

- Електроди з'єднані з імпульсним генератором (керуючий модуль).
- Пацієнт може використовувати керуючий модуль для контролю стимуляції нервових закінчень.

Переваги імплантуємих нейростимуляторів:

- Ефективний метод контролю болю;
- Попереднє лікування дозволяє визначити реакцію пацієнта перед повною імплантацією;
- Система може перепрограмуватися без участі хірурга;
- Контроль стану пацієнта без спеціальних заходів;
- Проста процедура, порівнянна за ефективністю з хірургічними методами;
- Ефект порівняємо з дією знеболювальних.

Нейростимуляція: клінічні обґрунтування.

Деякі дослідження і численні випадки пацієнтів з FBSS застосовували SCS.

- Хороша або відмінна реакція у 68% пацієнтів;
- Стан болю середнього ступеня значно поліпшується;
- Скорочення медикаментозного лікування;
- Покращений ефект лікування (значне зменшення болю після нейростимуляції);
- Тривале полегшення болю.

Нейростимуляція з високою ефективністю застосовується при таких нейрогенних больових синдромах, коли всі інші методи просто безсилі щонебудь зробити.

1.2 Існуючі принципи будови нейростимуляторів

Нейростимуляційні системи розподіляються на 2 типи:

Частково імплантуються нейростимулятори із зовнішнім генератором імпульсів. Елементи системи, що підлягають імплантації, не містять джерел живлення і, відповідно, не вимагають періодичної підзарядки.

Повністю імплантуємі нейростимулятори, в яких і генератор імпульсів, і джерело його живлення розташовані в тілі пацієнта. Зміна параметрів електростимуляції здійснюється лікарем на відстані по радіоканалу. Такі системи вимагають періодичної заміни джерела живлення або підзарядки.

На сьогоднішній день у світі застосовуються кілька систем для тривалої електростимуляції. Найбільш відомими є система PISCES (Percutaneously inserted spinal cord epidural electrical stimulation), що випускається фірмою "Medtronic", нейростимуляційна система фірми Cyberonic. Однак висока вартість закордонних технічних засобів і методи їх установки роблять практично недоступним використання цих систем в Україні та інших пострадянських країнах. Незважаючи на те, що метод електростимуляції структур нервової системи у світі використовується з початку 80-х років ХХ століття, наукові дослідження впливу хронічної електростимуляції структур нервової системи і, як наслідок, розробка вітчизняних пристроїв для довготривалої електростимуляції в Україні стартували лише в 2000 році. А широке впровадження електростимуляторів вітчизняного виробництва почалося в 2003 році. В Україні найчастіше використовується нейростимуляційна система моделі «Нейсе-3М», яка була розроблена в ГУ "Інститут нейрохірургії ім. Академіка А.П. Ромоданова АМН України" спільно з впроваджувальною експериментальною лабораторією (ПП ВЕЛ, м. Київ, Україна.). Пристрій пройшов випробування і отримав сертифікат відповідності в Політехмед (Свідоцтво про державну реєстрацію № 7439/2008 від 25.01.2008р) і зареєстровано як пристрій медичної техніки, рекомендоване до використання з лікувальною метою в Україні.

1.3 Обґрунтування та вибір аналогу

Нейростимуляційні системи використовуються для тривалого впливу на структуру центральної і периферичної нервової системи шляхом подразнення останніх електричними імпульсами різних параметрів.

Нейростимуляційна система «Нейсе-3М» (Україна) - нейростимулятор українського виробництва, відноситься до частково імплантованого електростимуляційних системам. Пристрій застосовується в нейрохірургії і призначене для тривалої електростимуляції периферичних нервів і сплетінь, ділянок головного мозку і задніх стовпів спинного мозку, з метою зняття больових синдромів різного походження, а також для відновлення функціонального стану пошкоджених периферичних нервів і сплетінь, повернення чутливості і відновлення функції уражених органів.

Основною перевагою пристрою є можливість проведення електростимуляції структур нервової системи без використання провідників, проведених через шкіру. Стимулюючий електричний сигнал надходить на електроди з приймального пристрою, імплантованого в тіло пацієнта і пов'язаного з генератором по радіоканалу. Кількість каналів - два, виріб призначений для використання одним пацієнтом. Складові і принцип роботи нейростимулятора (на прикладі «Ней-Сі 3М») Електростимулятор «Ней-Сі 3М» використовується в комплекті з приймальною антеною і електродом.

Складові нейростимулятора

Нейростимулятор «Нейсе-3М».

Зовнішня частина:

- 1 - передавальна антена;
- 2 - блок генератора імпульсів (суміщений з пультом управління);

Імплантні частина:

- 3 - приймальна антена;
- 4 - електроди.

Стимулюючий електричний сигнал надходить на електроди від генератора імпульсів, через приймальний пристрій, імплантований в тіло пацієнта і

пов'язане з генератором по радіоканалу. Приймальний пристрій не використовує джерел електроенергії, тому не потребує в підзарядці. Використання зовнішнього пристрою (пульта управління) За допомогою зовнішнього пристрою (пульт управління системою) пацієнт має можливість регулювати амплітуду імпульсів, встановлюючи її відповідно з відчуттями парестезії. Всі інші параметри встановлюються і змінюються спеціально підготовленим технічним персоналом тільки з урахуванням рекомендацій лікаря. Зовнішній пристрій вимагає періодичної підзарядки. Нейростимулятор «Ней-Сі 3М» оснащений індикатором зарядки акумулятора. Для підзарядки джерела живлення системи використовується зарядний пристрій виключно від системи «Ней-Сі 3М». Використання компонентів інших систем для електростимуляції може призвести до виходу з ладу програмованого пристрою, зниження ефективності електростимуляції або підвищення ризиків для пацієнта.

Таблиця 1.1 – Основні техніко-економічні показники аналога та пристрою, що проектується

Показник	Одиниці Вимірю- вання	Аналог	Прилад, що проекту- ється	Відношення параметрів нового приладу до параметрів аналога
1 Напруга живлення	В	220	220	1
2 Кількість виконуваних функцій	грн.	3	4	1,3
3 Маса	Кг	1,5	0,9	1,65
4 Термін безвідмовної роботи	год.	50000	30000	0,6
6 Ціна	грн.	4482,00	2600,00	0,58

Як видно з таблиці 1.1, за функціональними, технічними та економічними характеристиками, прилад, що проектується, майже не поступається аналогу, а іноді перевищує показники аналога – особливо, в ціні.

Також дуже важливо, щоб пристрій, що проектується, був зручним у користуванні. Пристрій не потребує налагодження схеми чи функцій під

конкретну людину. Все відбувається автоматично і пристрій сам адаптується під оператора.

Звичайно, модернізований пристрій повинен відповідати сучасним техніко-економічним вимогам, бути зручним у експлуатації, мати невеликі розміри та гарний дизайн, а також бути надійним у роботі.

1.4 Розробка технічних вимог до проектного пристрою

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

Найменування пристрою: Нейростимулятор

Призначення виробу: Призначений для тривалого впливу на структури центральної і периферичної нервової системи шляхом подразнення останніх електричними імпульсами різних параметрів.

Клас використання: наземний, бортовий.

Основні параметри приладу повинні відповідати параметрам, вказаним у ГОСТІ 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 $0,86 \cdot 10^5 - 1,06 \cdot 10^3$ 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 МКР 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.

1.5 Оцінка наукового, технічного та економічного рівня НДДКР

Однозначно визначити техніко-економічний рівень нової розробки при великій кількості технічних та економічних показників доволі важко. Однак бажано визначити узагальнюючу оцінку техніко-економічного рівня НДДКР. Оцінимо перспективність теми даної магістерської кваліфікаційної роботи за допомогою бального методу оцінок НДДКР. Бальна оцінка полягає в тому, що кожному параметру присвоюється певний бал в залежності від різних факторів. Для узагальнюючої оцінки технічного рівня 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 розробку (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 3-4 роки і менше.

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

Таблиця 1.2 – 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 1.3 – 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 $+2 - 2 + 0 + 3 = +3$, робимо висновок, що розробка є достатньо перспективною.

1.6 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки (результатів НДДКР), створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Рекомендується здійснювати оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 1.4. [2]

Таблиця 1.4 - 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 дорівнює цінам 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	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти на навчання наявних фахівців	Необхідне значне 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 та реалізацію 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 1.5.

Таблиця 1.5 - 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	3	3	2
9	2	3	2
10	2	1	2
11	2	2	1
12	2	3	2
Сума балів	26	29	28
Середньоарифметична сума балів СБ	27,6		

За даними таблиці 1.5 зробимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому доцільно користуватися рекомендаціями, наведеними в таблиці 1.6. [2]

Таблиця 1.6 - Рівні комерційного потенціалу розробки

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

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 27,6 бали, що, згідно таблиці 1.5, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки середній).

1.7 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки

Проектування виробу розпочинається з прогнозу його конкурентоспроможності. В процесі попереднього оцінювання доцільності детального проектування нової розробки здійснимо оцінювання рівня конкурентоспроможності, яке проведемо визначенням сукупності параметрів, що підлягають оцінюванню.

Загальні технічні та економічні характеристики пристрою представлено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Основні техніко-економічні показники аналога та пристрою, що проектується

Показник	Одиниці Вимірювання	Аналог	Пристрій, що проектується	Відношення параметрів нового приладу до параметрів аналога	Питома вага параметру
1 Напруга живлення	В	220	220	1	0,1
2 Кількість виконуваних функцій	грн.	3	4	1,3	0,3
3 Маса	Кг	1,5	0,9	1,65	0,5
4 Термін безвідмовної роботи	год.	50000	30000	0,6	0,1
6 Ціна	грн.	4482,00	2600,00	0,58	1

Одиничний параметричний індекс розраховується за формулою [6]:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{базі}} \quad (1.1)$$

де q_i – одиничний параметричний індекс, розрахований за i -м параметром;

P_i – значення i -го параметра виробу;

$P_{базі}$ – аналогічний параметр базового виробу-аналога, з яким проводиться порівняння.

Нормативні параметри оцінюються показником, який отримує одне з двох значень: 1 – пристрій відповідає нормам і стандартам; 0 – не відповідає.

Груповий показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами розраховується як добуток частинних показників за кожним параметром за формулою [6]:

$$I_{нп} = \prod_{i=1}^n q_i, \quad (1.2)$$

де $I_{нп}$ – загальний показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами;

q_i – одиничний (частинний) показник за i -м нормативним параметром;

n – кількість нормативних параметрів, які підлягають оцінюванню.

За нормативними параметрами розроблюваний пристрій відповідає вимогам ДСТУ, тому $I_{нп} = 1$.

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначається з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [6]:

$$I_{гп} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (1.3)$$

де $I_{гп}$ – груповий параметричний індекс за технічними показниками (порівняно з виробом-аналогом);

q_i – одиничний параметричний показник i -го параметра;

α_i – вагомість i -го параметричного показника, $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$;

n – кількість технічних параметрів, за якими оцінюється конкурентоспроможність.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці 1.6.

$$I_{гп} = 1,00 \cdot 0,1 + 1,3 \cdot 0,3 + 1,65 \cdot 0,5 + 0,6 \cdot 0,1 = 1,38$$

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховується за формулою [6]:

$$I_{еп} = \sum_{i=1}^m q_i \cdot \beta_i, \quad (1.4)$$

де $I_{еп}$ – груповий параметричний індекс за економічними показниками;

q_i – економічний параметр i -го виду;

β_i – частка i -го економічного параметра, $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$;

m – кількість економічних параметрів, за якими здійснюється оцінювання.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці .

$$I_{EP}=0,58 * 0,1 = 0,58.$$

На основі групових параметричних індексів за нормативними, технічними та економічними показниками розрахуємо інтегральний показник конкурентоспроможності за формулою [Кавецький 2016]:

$$K_{INT} = I_{HP} \cdot \frac{I_{TP}}{I_{EP}}, \quad (1.5)$$

$$K_{INT} = 1 * 1,38 / 0,58 = 2,38.$$

Інтегральний показник конкурентоспроможності $K_{INT} > 1$, отже проєктований пристрій переважає аналог за своїми техніко-економічними показниками.

Висновки

При оцінюванні перспективності теми даної магістерської кваліфікаційної роботи за допомогою бального методу оцінок НДДКР ми отримали позитивне значення (+3), що свідчить про достатній рівень перспективності теми. При чому, технічні показники результатів плануються на рівні кращих світових зразків; передбачаються часткові можливості отримання авторських свідоцтв; строк окупності витрат 3-4 роки і менше.

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 27,6 бали, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки середній).

В техніко-економічному плані розроблювана конструкція пристрою за інтегральним показником конкурентоспроможності переважає прототип в 2,38 рази, що свідчить про гарні ринкові перспективи розробки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Захист працюючих під час трудового процесу від небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що негативно впливають на здоров'я, життя, а також працездатність людини, гарантування належних умов праці є важливими аспектами охорони праці, як складової безпеки життєдіяльності.

Незадовільний стан охорони праці та цивільного захисту може викликати соціально-економічні проблеми працівників і їх родин. Саме тому соціально-економічна важливість охорони праці полягає у: зростанні продуктивності праці, зростанні валового внутрішнього продукту, скороченні виплат за лікарняними та компенсаційних виплат за важкі умови праці тощо.

У цьому розділі проводиться аналіз небезпечних, шкідливих [1] та уражаючих для людини та оточуючого середовища чинників, що утворюються при проведенні дослідження тестера швидкодіючих аналого-цифрових перетворювачів. Тут висвітлюються, в тому числі, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, розрахунок попередньої суміщеного освітлення методом світлового потоку, технічні рішення з безпеки під час проведення дослідження, безпека у надзвичайних ситуаціях.

4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

4.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, який визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання.

Якщо за технологічними вимогами, технічними і економічними причинами оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини параметрів мікроклімату.

Вибираємо для приміщення для проведення дослідження тестера швидкодіючих аналого-цифрових перетворювачів, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

У відповідності із [2] допустимі параметри температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні для теплого та холодного періодів року наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі показники мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іа	21-25	18-26	75	≤0,1
Теплий		22-28	20-30	55 при 28°С	0,1-0,2

При опроміненні менше 25% поверхні тіла працівника, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м².

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК) в повітрі робочої зони і підлягає систематичному контролю для запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких для роботи з ЕОМ наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин [4]

Назва шкідливої речовини	ГДК, мг/м ³	Агрегатний стан	Клас небезпеки
Озон	0,1	Пара	4
Оксиди азоту	5	Пара	2
Пил	4	Аерозоль	2

При використанні ЕОМ джерелом забруднення повітря є також іонізація молекул речовин, які містяться у повітрі. Рівні додатних та від'ємних іонів мають відповідати [4] та приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Число іонів у 1 см³ повітря приміщення під час роботи на ЕОМ

Рівні	Мінімально необхідні	Оптимальні	Максимально допустимі
додатній	400	1500-3000	50000
від'ємний	600	3000-5000	50000

Для встановлення нормованих параметрів мікроклімату і складу повітря робочої зони передбачено такі заходи: у приміщенні має бути розміщена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року; припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

4.1.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях значні вимоги пред'являються до кількісних та якісних параметрів освітлення.

З погляду задач зорової роботи в приміщенні, де проводиться робота з дослідження тестера швидкодіючих аналого-цифрових перетворювачів, відповідно до [3] знаходимо, що вони відносяться до IV розряду зорових робіт. Приймаємо контраст об'єкта з фоном – середній та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт *в*.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості для штучного освітлення наведені в таблиці 4.4.

Так як приміщення розташоване в місті Вінниця (друга група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 0°, то за таких обставин КЕО розраховується за виразом [3, 4]

$$e_N = e_H m_N [\%], \quad (4.1)$$

де e_n – табличне значення КЕО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

Таблиця 4.4 – Нормативні значення КПО і мінімальні освітленості для штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО для бокового освітлення, %	
						комбіноване		загальне	Природного	Суміщеного
						всього	у т. ч. від загального			
Середньої точності	0,5-1	IV	в	середній	середній	400	200	200	1,5	0,9

За відомими значеннями одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N.б} = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4 (\%);$$

$$e_{N.с} = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8 (\%).$$

З метою встановлення нормованих значень показників освітлення запропоновано такі заходи: за недостатнього природного освітлення у світлий час доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; застосування штучного освітлення у темний час доби.

4.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого устаткування застосовується обладнання, робота якого генерує шум та вібрацію, потрібно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Встановлено, що приміщення, де відбувається робота з дослідження тестера швидкодіючих аналого-цифрових перетворювачів може містити робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється рухомими елементами ЕОМ.

Для попередження травмування працівників від дії шуму він підлягає нормуванню. Головним документом стосовно промислового шуму, що діє на території України, є [5], у відповідності з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в промислових приміщеннях не мають бути більшими ніж значення, які наведено у таблиці 4.5. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 4.6 для локальної вібрації.

Таблиця 4.5 – Нормовані рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах із середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця 4.6 – Нормовані рівні вібрації [6]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних полосах із середньо-геометричними частотами, Гц								Коректовані рівні віброприскорення, дБА
8	16	31,5	63	125	250	500	1000	
73	73	79	85	91	97	103	109	76

З метою покращення віброакустичного клімату у приміщенні запропоновано такі заходи:

- 1) постійне змащування підшипників вентиляторів блоку живлення ЕОМ і кулерів мікропроцесора та відеоадаптера;
- 2) передбачено використовувати в приміщенні штори із щільної тканини.

4.1.4 Виробничі випромінювання

Величина напруженості електромагнітного поля на робочих місцях з персональними комп'ютерами не повинні перевищувати граничнодопустимі, які складають 20 кВ/м.

Експозиційна доза рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана до корпусу монітора при будь-яких положеннях регульовальних пристроїв не повинні перевищувати $7,74 \cdot 10^{-12}$ Кл/кг, що відповідає потужності еквівалентної дози 0,1 мБер/год (100 мкР/год) згідно [15].

Для забезпечення захисту та досягнення нормативних рівнів випромінювань потрібно застосовувати приєкранні фільтри, локальні світлофільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

4.1.5 Розрахунок суміщеного освітлення методом світлового потоку

Вихідні дані: приміщення має розміри (м): $12 \times 7 \times 3,2$. Висота вікон 2,1 м. Висота від підлоги до підвіконня – 0,8 м.

Суміщене освітлення складається з штучного та природного освітлення.

Розрахунок загального рівномірного освітлення проведемо за допомогою методу світлового потоку.

Визначимо величину освітленості загального рівномірного штучного освітлення як складової суміщеного освітлення, використовуючи наступні співвідношення:

$$e_{\text{сум}} = \frac{E_{\text{В.пр}} - E_{\text{В.шт}}}{E_{\text{зовн}}} \cdot 100\% = e_{\text{пр}} - \frac{E_{\text{В.шт}}}{E_{\text{зовн}}} \cdot 100\% \quad [\%]; \quad (4.2)$$

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{В.пр}} + E_{\text{В.шт}} \quad [\text{лк}]. \quad (4.3)$$

Після значних математичних перетворень отримаємо:

$$E_{\text{В.шт}} = \frac{E_{\text{заг}}}{\frac{1}{1 - e_{\text{сум}}/e_{\text{пр}}} + 1} \quad [\text{лк}]. \quad (4.4)$$

Оскільки приміщення знаходиться в м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові проєми орієнтовані за азимутом 0° , то для таких умов КПО буде рівним[2]:

$$e_{N.cym} = e_{n.cym} \cdot m_N = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8 (\%). \quad (4.5)$$

Таким чином, величина освітленості загального рівномірного штучного освітлення як складової суміщеного освітлення складатиме:

$$E_{в.шт} = \frac{200}{\frac{1}{1 - 0,8 / 1,4} + 1} = 60 (\text{лк}).$$

Визначимо кількість світильників для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь за формулою [3]:

$$N = \frac{ESK_3Z}{\Phi_L n \eta} \quad [\text{шт}], \quad (4.6)$$

де Φ_L – світловий потік лампи світильника, лм;

E – нормована освітленість, лк;

S – площа приміщення, що освітлюється, м^2 ;

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітленості ($Z = 1,15$ для ламп розжарювання та ДРЛ; $Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп, якщо співвідношення L/h – не перевищує встановлених значень);

n – кількість ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

З конструктивних міркувань, враховуючи габарити робочого приміщення, приймаємо кількість ламп ЛБ-40 у світильнику $n=2$, для яких світловий потік $\Phi_{л}=3200$ лм.

Площа приміщення, що освітлюється знаходиться за формулою

$$S=ab \text{ [м}^2\text{]}, \quad (4.7)$$

де a, b – довжина та ширина приміщення відповідно, м.

Вибираємо коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння люмінесцентних ламп $K_3=1,5$. Для люмінесцентних ламп приймаємо коефіцієнт нерівномірності освітленості $Z=1,1$.

Коефіцієнт η визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення i , коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

Визначимо показник приміщення за формулою:

$$i = \frac{ab}{h(a + b)}, \quad (4.8)$$

де h – висота світильника над робочою поверхнею, м.

Висоту світильника над робочою поверхнею знайдемо за формулою:

$$h=H- h_3-h_p[\text{м}], \quad (4.9)$$

де h_3 – висота звісу світильника ($h_3=0,15$ м);

h_p – висота умовної робочої поверхні ($h_p=0,8$ м).

Після підстановки відомих значень у формули (4.3, ..., 4.5) одержимо:

$$S = 12 \cdot 7 = 84 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$i = \frac{12 \cdot 7}{2,25(12 + 7)} = 1,96;$$

$$h = 3,2 - 0,15 - 0,8 = 2,25 \text{ (м).}$$

Вибираємо коефіцієнти відбиття стін та стелі: $\rho_{стелі}=70\%$; $\rho_{стін}=50\%$.

За значеннями i , $\rho_{стелі}$, $\rho_{стін}$ вибираємо $\eta=61,2\%=0,612$ для світильників з люмінесцентними лампами ЛПО01.

Отже, кількість світильників для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь становить

$$N = \frac{200 \cdot 84 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{3200 \cdot 2 \cdot 0,612} = 7,1 \text{ (шт).}$$

Приймаємо $N=8$ світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо в $n_p=2$ ряди по

$$N_1 = N/n_p \text{ [шт]}. \quad (4.10)$$

Оскільки довжина світильника не на багато більша за довжину люмінесцентної лампи, встановленої в ньому, то загальна довжина усіх світильників у ряді становитиме

$$\Sigma L_{св} = L_{1св} N_1 \text{ [м]}, \quad (4.11)$$

де $L_{1св}$ – довжина одного світильника (для ЛБ-40 $L_{1св}=1,2$ м).

Після підстановки відомих значень у формули (4.6, 4.7) одержимо:

$$N_1 = 8 / 2 = 4 \text{ (шт);}$$

$$\Sigma L_{св} = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ (м).}$$

Поскільки $\Sigma L_{св}=4,8$ м < $a=12$ м, тому необхідно розрахувати розриви між світильниками за формулою

$$\Delta L_{cв} = \frac{a - \Sigma L_{cв}}{N_1 + 1} \text{ [м]}. \quad (4.12)$$

Знайдемо відстань між рядами світильників за формулою

$$L_p = b/n_p \text{ [м]}. \quad (4.13)$$

Згідно отриманих значень побудуємо схему розташування світильників ЛПО01 у приміщенні, зображену на рисунку 5.1.

Визначимо сумарну електричну потужність всіх світильників, встановлених в приміщенні за формулою

$$\Sigma P_{CB} = P_{Л} N n \text{ [Вт]}, \quad (4.14)$$

де $P_{Л} = 40$ Вт – потужність однієї лампи ЛБ-40.

Після підстановки відомих значень у формули (4.8, ..., 4.10) одержимо:

$$\Delta L_{cв} = \frac{12 - 4,8}{4 + 1} = 1,44 \text{ (м)};$$

$$L_p = 7 / 2 = 3,5 \text{ (м)};$$

$$\Sigma P_{CB} = 40 \cdot 8 \cdot 2 = 640 \text{ (Вт)}.$$

Розрахункове значення коефіцієнта природної освітленості визначається за формулою [3]:

$$e_{П} = \frac{n S_B \tau_3 r_1 100}{K_3 \eta_B S_{П} K_{БВД}} \text{ [%]}, \quad (4.15)$$

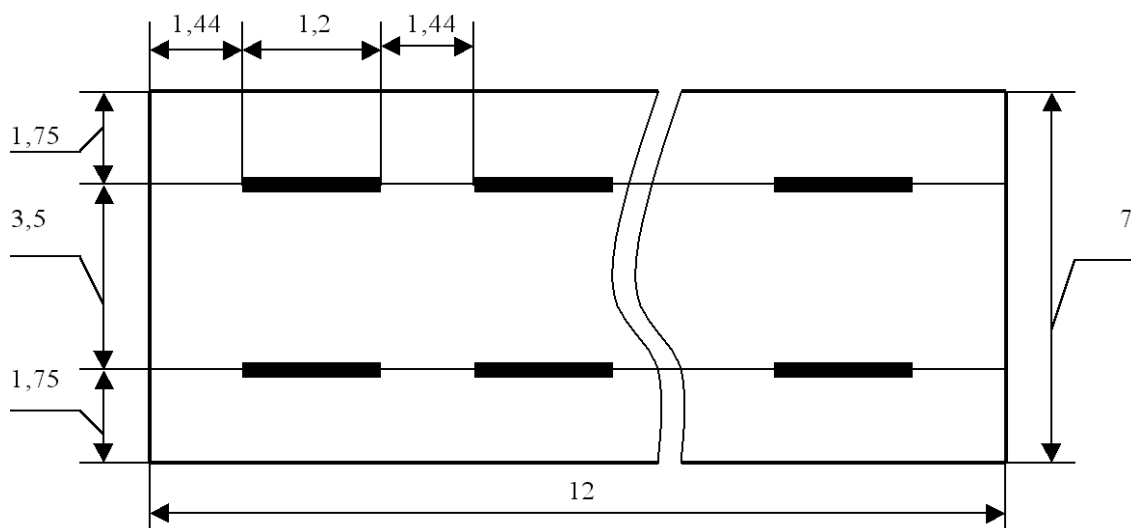


Рисунок 4.1 – Схема розташування світильників ЛПО01 у приміщенні звідки сумарна площа вікон може бути визначена за формулою

$$nS_B = \frac{e_{\Pi} K_3 \eta_B S_{\Pi} K_{БУД}}{\tau_3 r_1 100} \quad [м2], \quad (4.16)$$

де n – кількість вікон;

S_B , S_{Π} – площа вікна та підлоги відповідно, $м2$;

τ_3 – загальний коефіцієнт світлопропускання;

r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при комбінованому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщень;

K_3 – коефіцієнт запасу (для виробничих приміщень $K_3 = 1,3 \dots 1,5$);

η_B – світлова характеристика вікон;

$K_{БУД}$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, які розташовані напроти.

Кількість вікон $n=2$.

Площу кожного вікна визначимо за формулою

$$S_B = H_B B [м2], \quad (4.17)$$

де H_B , B – висота та ширина вікна відповідно, $м$.

Площа стелі рівна площі підлоги і знайдеться за формулою

$$S_{стелі} = S_{П} = L_{ПВП} [m^2], \quad (4.18)$$

де $L_{П}$, $V_{П}$ – довжина та ширина підлоги відповідно, м.

Визначимо загальний коефіцієнт світлопропускання за формулою:

$$\tau_3 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (4.19)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу;

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі;

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3=1$; при верхньому – $\tau_3=0,8-0,9$);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях;

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (при суміщеному освітленні приймається рівним $0,9$; при природному 1).

Для одинарного остіклення вибираємо $\tau_1=0,9$. Для дерев'яного виду віконних рам $\tau_2=0,75$. Для бокового освітлення приймаємо $\tau_3=1$. Оскільки сонцезахисні пристрої не використовуються, то приймаємо $\tau_4=1$. Для природного освітлення приймаємо $\tau_5=1$.

Після підстановки відомих значень у формули (4.17, ..., 4.19) отримаємо

$$S_B = 2,1 \cdot 2,1 = 4,4 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{стелі} = S_{П} = 12 \cdot 7 = 84 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\tau_3 = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,68.$$

Приймаємо коефіцієнт запасу $K_3=1,3 \dots 1,5=1,4$.

Для визначення коефіцієнту r_1 необхідно знайти середній коефіцієнт відбиття приміщення за формулою:

$$\rho_{CP} = \frac{\rho_{стелі} S_{стелі} + \rho_{стін} S_{стін} + \rho_{П} S_{П}}{S_{стелі} + S_{стін} + S_{П}} \quad [\%], \quad (4.20)$$

де $\rho_{стелі}$, $\rho_{стін}$, $\rho_{П}$ – коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги відповідно, %;

$S_{стелі}$, $S_{стін}$, $S_{П}$ – площа стелі, стін, та підлоги відповідно, м².

Приймаємо $\rho_{П}=25\%$.

Площу стін знайдемо за формулою

$$S_{стін} = H_{стіни} (2L_{П} + 2B_{П}) [м^2], \quad (4.21)$$

де $H_{стіни}$ – висота стіни, м.

Після підстановки відомих значень у формули (4.21, 4.20) отримаємо

$$S_{стін} = 3,2 \cdot (2 \cdot 12 + 2 \cdot 7) = 121,6 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\rho_{CP} = \frac{70 \cdot 84 + 50 \cdot 121,6 + 25 \cdot 84}{84 + 121,6 + 84} = 48,55 \text{ (\%)}.$$

Для визначення коефіцієнту r_1 необхідно також визначити співвідношення

$$B_{П}/h; l/B_{П}; L_{П}/B_{П}, \quad (4.22)$$

де h – висота від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна, м;

l – відстань розрахункової точки до зовнішньої стіни, м.

Визначимо висоту від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна за формулою:

$$h = H_{стіни} - h_{р} - (H_{стіни} - H_{В} - h_{П}) = H_{В} + h_{П} - h_{р} [м], \quad (4.23)$$

де $h_p=0,8$ м – висота робочої поверхні.

Розрахункову точку приймаємо на відстані 1 м від стіни, протилежної від вікна

$$l=V_{\text{п}}-1[\text{м}]. \quad (4.24)$$

Після підстановки відомих значень у формули (4.24, 4.23) отримаємо

$$l = 7 - 1 = 6 \text{ (м)};$$

$$h = 2,1 + 0,8 - 0,8 = 2,1 \text{ (м)}.$$

Отже, співвідношення, необхідні для визначення коефіцієнту r_1 дорівнюють $V_{\text{п}}/h=7/3,2=2,19$; $l/V_{\text{п}}=6/7=0,86$; $L_{\text{п}}/V_{\text{п}}=12/7=1,71$. За отриманими значеннями і величиною $\rho_{\text{ср}}$ вибираємо коефіцієнт $r_1=4,91$. Світлову характеристику вікон вибираємо за значеннями співвідношень $L_{\text{п}}/V_{\text{п}}$; $V_{\text{п}}/h$, для яких $\eta_{\text{В}}=11,6$. Оскільки конфронтуючі будинки відсутні, то $\text{КБУД}=1$.

Ширина вікон знаходиться за формулою

$$B_{\text{в}} = \frac{nS_{\text{в}}}{nH_{\text{в}}} \text{ [м]}. \quad (4.25)$$

Отже, після підстановки відомих значень у формули (4.16, 4.25) отримаємо

$$nS_{\text{в}} = \frac{1,4 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 84 \cdot 1}{0,68 \cdot 4,91 \cdot 100} = 6,13 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$B_{\text{в}} = \frac{6,13}{4 \cdot 2,1} = 0,73 \text{ (м)}.$$

4.2 Технічні рішення з безпеки під час проведення дослідження

Сучасний етап розвитку техніки, автоматизації розробок та досліджень характеризується широким використанням на робочому місці ЕОМ. Наявність великої кількості прикладних програм сприяє тому, що ЕОМ є основним робочим інструментом інженера в галузі радіотехніки.

4.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Розміщення робочих місць, забезпечених ЕОМ виконується в приміщеннях з однобічним розташуванням вікон, що обов'язково мають бути оснащені сонцезахисним пристроями: жалюзьями та шторами [7].

У випадку розміщення робочих місць у приміщеннях з джерелами небезпечних та шкідливих виробничих факторів, вони зобов'язані розміщатись в абсолютно відокремлених кабінетах з природним освітленням та організованою вентиляцією. Площа одного робочого місця має складати не менше $6,0 \text{ м}^2$, об'єм – не менше ніж 20 м^3 , а висота – не менше $3,2 \text{ м}$ [8].

Оснащені відеодисплейним терміналом робочі місця зобов'язані розташовуватись на відстані не менше як $1,5 \text{ м}$ від стіни з вікнами, від інших стін – на віддалі 1 м , одне від одного на віддалі не менше ніж $1,5 \text{ м}$. При розміщенні робочих місць необхідно виключити ймовірність прямого засвічування екрану джерелом природного освітлення. Робоче місце раціонально розташовувати так, щоб природне освітлення знаходилось збоку, переважно з лівого.

Розташовувати відеодисплейний термінал на робочому місці необхідно так, щоб поверхня екрана має розташовуватись на відстані $400\text{-}700 \text{ мм}$ від органів зору працівника. Висота робочої поверхні столу під час виконання роботи сидячи має регулюватися у діапазоні $680\text{-}800 \text{ мм}$. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм , шириною не менше ніж 500 мм , глибиною на рівні колін не менше 450 мм та на рівні витягнутої ноги не менше як 650 мм .

Поверхня підлоги має бути гладкою, не слизькою, без вибоїн, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Не дозволяється використовувати для оснащення інтер'єру полімери, які забруднюють повітря шкідливими хімічними речовинами та сполуками.

4.2.2 Електробезпека

В середині приміщення, в якому здійснюється робота з дослідження тестера швидкодіючих аналого-цифрових перетворювачів, особливу увагу потрібно надати запобіганню небезпеки ураження електричним струмом. Згідно [9] дане приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом в наслідок наявності значної (більше 75 %) вологості. Тому безпека експлуатації електрообладнання повинна забезпечуватись комплексом заходів, які включають використання ізоляції струмоведучих елементів, захисного заземлення, захисних блокувань тощо [10].

Висновки до розділу

В результаті виконання даного розділу було опрацьовано такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, розрахунок попередній суміщеного освітлення методом світлового потоку, технічні рішення з безпеки під час проведення дослідження тестера швидкодіючих аналого-цифрових перетворювачів, безпека в надзвичайних ситуаціях.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Прогнозування витрат на проведення науково-дослідної роботи з розробки та дослідження нейростимулятора

Кошторис витрат на розробку пристрою для нейростимуляції може передбачати наступні основні витрати:

Витрати на основну заробітну плату розробників

Основна заробітна плата розробників(дослідників) Z_0 :

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (5.1)$$

де M - місячний посадовий оклад конкретного розробника , грн.

T_p - число робочих днів в місяці; $T=21$ день;

t - число днів роботи розробника.

Розрахунки витрати на заробітну плату наведені в таблиці

Таблиця 5.1– Витрати на заробітну плату

Найменування посади	Місячний посадовий оклад,грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1 Керівник проекту	12460,00	593,33	21	12460,00
2. Інженер-електронщик	7650,00	364,29	15	5464,29
3. Консультант (лікар-терапевт)	6800,00	323,81	3	971,43
4. Консультант (лікар-хірург)	6800,00	323,81	2	647,62
5. Інженер-конструктор	7550,00	359,52	10	3595,24
6. Інженер-метролог	7550,00	359,52	8	2876,19
7. Інженер-схемотехнік	7550,00	359,52	15	5392,86
8. Технік	5260,00	250,48	21	5260,00
Всього				36667,62

5.2 Основна заробітна плата робітників

Основна заробітна плата робітників Z_p , що виконують роботи за робочими професіями:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (5.2)$$

де n - число робіт за видами та розрядами;

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

K_c - коефіцієнт співвідношень, який установлений Генеральною тарифною угодою між урядом і профспілками, $K_c = 1$;

C_i - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує дану роботу, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}} \text{ [грн./год]} \quad (5.3)$$

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

K_i - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду.

T_p - число робочих днів в місяці; приблизно $T_p = 21$ день;

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

Розрахунки наведені в таблиці .

Таблиця 5.2- Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудоміст- кість, н.- годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Макетування	16,0	5	1,7	675,63
Монтаж експериментальної схеми	8,0	5	1,7	337,81
Наладка макетної схеми	2,0	6	2	99,36
Випробування схеми	1,2	6	2	59,61
Підготовка плати	4,35	4	1,5	162,08
Виготовлення плати	6,5	4	1,5	242,18

Продовження таблиці 5.2

Підготовка корпусу	4,2	4	1,5	156,49
Складання корпусу	3,5	4	1,5	130,41
Монтаж плати	1,2	5	1,7	50,67
Монтаж компонентів пристрою	8,4	5	1,7	354,71
Наладка приладу	3,2	6	2	158,97
Регулювання приладу	2,2	6	2	109,29
Випробування приладу	4,0	5	1,7	168,91
Всього				2706,12

5.3 Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата $Z_{\text{дод}}$ всіх розробників та робітників які приймали устають в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників. На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 10% від основної заробітної плати.

$$Z_{\text{дод}} = N_{\text{дод}} \cdot Z_p \text{ [грн.],} \quad (5.4)$$

де: $N_{\text{дод}}$ - норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{дод}} = (36667,62 + 2706,12) \cdot 10\% = 3937,37 \text{ (грн.).}$$

5.4 Нарухування на заробітну плату

Нарухування на заробітну плату Z_n у 2019 році складають 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників (дослідників) та робітників

$$Z_n = N\% \cdot (Z_o + Z_p + Z_d) \quad (5.5)$$

де: $N\%$ - процент нарахування на заробітну плату

$$Z_n = 22\% (36667,62 + 2706,12 + 3937,37) = 9528,44 \text{ грн.}$$

5.5 Амортизаційні відрахування

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

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.6)$$

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;

$T_в$ – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Всі розрахунки зводимо до таблиці

Таблиця 5.3- Амортизація основного обладнання

Найменування обладнання, приміщень	Залишкова балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використ. обладнан.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
1. Ванна для травлення та металізації	2460,00	5	1	41,00
2. Генератор сигналу високочастотний	5850,00	5	1	97,50
3. Амперметр високоточний	5278,00	5	1	87,97
4. Частотомір комплексний	7250,00	5	1	120,83
5. Вольтметр	3240,00	5	1	54,00
6. Осцилограф	8790,00	5	1	146,50
7. Паяльна станція	1950,00	4	1	40,63
8. Комп'ютер	22750,00	5	1	379,17
Всього				1470,51

5.6 Оренда обладнання

В спрощеному вигляді витрати на оренду обладнання по кожному виду обладнання та приміщенням можуть бути розраховані за формулою:

$$O = \frac{Ц \cdot H_o}{100} \cdot \frac{T}{12} \quad (5.7)$$

де Ц - балансова вартість обладнання, приміщень, грн.

H_o - річна ставка орендної плати для даного виду обладнання, приміщень, %;

T - термін використання обладнання, приміщень, місяці.

Всі розрахунки зводимо до таблиці .

Таблиця 5.4- Оренда обладнання

Найменування обладнання, приміщень	Балансова вартість, грн.	Ставка орендної плати, %	Термін використання, міс.	Сума орендної плати, грн.
Дослідницька лабораторія	100000,00	15	1	3750,00
Всього				3750,00

5.7 Витрати на матеріали

Витрати на матеріали, що були використані на розробку та дослідження нового технічного рішення, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot Ц_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot Ц_v \quad [\text{грн}], \quad (5.8)$$

де n - кількість видів матеріалів;

H_i - витрати матеріалу г-го найменування, кг;

$Ц_i$ - вартість матеріалу г-го найменування, грн./кг.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1 \dots 1,15$;

V_i - маса відходів матеріалу г-го найменування, кг;

$Ц_v$ - ціна відходів матеріалу г-го найменування, грн./кг.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця 5.5– Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1кг, л, грн.	Витрачено, кг, шт, м, уп.	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
1. Папір офісний канцелярський	120,00	4,0	-	-	480,00
2. Папір креслярський	12,00	10,0	-	-	120,00
3. Папір для записів	25,00	7,0	-	-	175,00
4. Канцелярські товари (ручки, олівці, клей)	185,00	7,0	-	-	1295,00
5. Змінний картридж БФП	1890,00	2,0	-	-	3780,00
6.Склотекстоліт СТФ 2 – 1.5	100,00	0,1	-	-	10,00
7.Хлорне залізо	260,00	0,05	-	-	13,00
8.Дріт монтажний	80,00	0,05	-	-	4,00
9.Лак УР-231	360,00	0,05	-	-	18,00
10.Спирт етиловий	92,00	0,25	-	-	23,00
11.Припій ПОС-61	590,00	0,03	-	-	17,70
12.Флюс БС-2	120,00	0,01	-	-	1,20
13. Кабель силовий	120,00	0,21	-	-	25,20
Всього					5962,10

Витрати на матеріали з врахуванням транспортних витрат ($K=1,11$)
 $M= 5962,10 \cdot 1,11 = 6617,93$ грн.

5.8 Витрати на комплектуючі

Витрати на комплектуючі, що були використані на виготовлення дослідного зразка, розраховується за формулою

$$H = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \text{ [грн]}, \quad (5.9)$$

де H_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт;

C_i – роздрібна ціна комплектуючих i -го виду, грн.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, ($K_i = 1,1 \dots 1,15$);

n - кількість видів комплектуючих.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці .

Таблиця 5.6- Розрахунок витрат на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за штуку, грн	Сума, грн.
Конденсатор: K50-35	2	5,83	11,66
Конденсатор: K50-35	1	15,31	15,31
Конденсатор: GRM31	4	0,92	3,67
Конденсатор: GRM31	2	1,71	3,43
Конденсатор: GRM18 0,1	5	2,70	13,50
Мікросхема: АТmega8-	1	91,13	91,13
Мікросхема: LM358	1	18,23	18,23
Котушка: LQH1N 10 мГн	1	9,48	9,48
Резистори: C1-4	1	0,24	0,24
Резистори: C2-23	1	0,24	0,24
Резистори: SMD1206	32	0,24	7,78
Діоди: 1N4148	3	3,28	9,84
Діоди: 10BQ060	1	16,40	16,40
Транзистори: BC807	1	9,84	9,84
Транзистори: BC817-25	6	13,12	78,73
Транзистори: BSS138	1	14,58	14,58
Кварц: РПК01 НС – 49U	1	51,03	51,03
Роз'єми: USB-mini	1	12,76	12,76
Роз'єми: Jack 3,5	1	9,11	9,11
Індикатор:	4	9,48	37,91
Всього			481,94

Визначимо витрати на комплектуючі з врахуванням транспортних витрат.

$$N_i = 481,94 * 1,11 = 534,95 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію

Електрична енергія витрачається на живлення електронагрівальних приладів, апаратури та на освітлення приміщення тощо.

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ (грн.)}, \text{ [грн]}, \quad (5.10)$$

де V – вартість 1 кВт-години електроенергії для підприємства. В 2019 році $V=2,21$ грн./кВт з ПДВ;

Π – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

K_{Π} – коефіцієнт використання потужності. $K_{\Pi} = 1,0$.

Розробка та виготовлення дослідного зразка проводиться в лабораторному приміщені. Дані стосовно проведених робіт та встановленої потужності обладнання наведено в таблиці.

Таблиця 5.7– Розрахунок витрат на електроенергію

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
1. Ванна для травлення та металізації	3,25	0,85	1	6,11
2. Генератор сигналу високочастотний	25,40	0,76	1	42,66
6. Осцилограф	15,00	0,4	1	13,26
7. Паяльна станція	6,00	0,05	1	0,66
8. Комп'ютер	160,00	0,82	1	289,95
Всього				433,21

5.9 Інші витрати

Інші витрати охоплюють: загально виробничі витрати (витрати управління організацією, ремонт та експлуатація основних засобів, витрати на опалення, освітлення тощо), адміністративні витрати (проведення зборів, оплата юридичних та аудиторських послуг, тощо), витрати на збут (витрати на рекламу, перепідготовка кадрів) на інші операційні витрати (штрафи, пені, матеріальні допомоги, втрати від знецінення запасів тощо).

Інші витрати доцільно прийняти як 200÷300% від суми основної заробітної плати розробників та розробників, що виготовили дослідний зразок, тобто від Z_0+Z_p .

$$(Z_o + Z_p) \cdot 200\% = (36667,62 + 2706,12) \cdot 200\% = 78747,47 \text{ (грн)}. \quad (5.11)$$

Сума всіх попередніх витрат дає загальні витрати на нову розробку:

$$B = 36667,62 + 2706,12 + 3937,37 + 9528,44 + 6617,93 + 534,95 + 1470,51 + 433,21 + 78747,47 + 3750,00 = 144393,62 \text{ (грн.)}$$

5.10 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

Результати розрахунку виробничої собівартості представим у вигляді таблиць за відповідними статтями калькуляції.

Таблиця 5.8 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1кг, л, грн.	Витрачено, кг, шт, м, уп.	Величи на від ходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Склотекстоліт СТФ 2 – 1.5	100,00	0,1	-	-	10,00
Хлорне залізо	260,00	0,05	-	-	13,00
Дріт монтажний	80,00	0,05	-	-	4,00
Лак УР-231	360,00	0,05	-	-	18,00
Спирт етиловий	92,00	0,25	-	-	23,00
Припій ПОС-61	590,00	0,03	-	-	17,70
Флюс БС-2	120,00	0,01	-	-	1,20
Кабель силовий	120,00	0,21	-	-	25,20
Всього					124,43

Таблиця 5.9- Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за штуку, грн	Сума, грн.
Конденсатор: GRM18 0,1	5	2,70	13,50
Мікросхема: АТmega8-	1	91,13	91,13
Мікросхема: LM358	1	18,23	18,23
Котушка: LQH1N 10 мГн	1	9,48	9,48
Резистори: С1-4	1	0,24	0,24
Резистори: С2-23	1	0,24	0,24
Резистори: SMD1206	32	0,24	7,78
Діоди: 1N4148	3	3,28	9,84
Діоди: 10BQ060	1	16,40	16,40
Транзистори: BC807	1	9,84	9,84
Кварц: РПК01 НС – 49U	1	51,03	51,03
Роз'єми: USB-mini	1	12,76	12,76
Індикатор:	4	9,48	37,91
Всього			534,95

Таблиця 5.10– Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
1. Ванна для травлення та металізації	0,35	0,85	1	0,66
2. Генератор сигналу високочастотний	0,10	0,76	1	0,17
3. Амперметр високоточний	0,20	0,52	1	0,23
4. Частотомір комплексний	0,20	0,32	1	0,14
5. Вольтметр	0,10	0,36	1	0,08
6. Осцилограф	0,20	0,4	1	0,18
7. Паяльна станція	1,00	0,05	1	0,11
Всього				1,56

Таблиця 5.11- Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудоміст- кість, н.-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Підготовка плати	0,35	4	37,26	13,04
Виготовлення плати	1,2	4	37,26	44,71
Підготовка корпусу	0,85	4	37,26	31,67
Складання корпусу	1,1	4	37,26	40,98
Монтаж плати	0,56	5	42,23	23,65
Монтаж компонентів пристрою	1,35	5	42,23	57,01
Наладка приладу	0,5	6	49,68	24,84
Регулювання приладу	0,72	6	49,68	35,77
Випробування приладу	1	5	42,23	42,23
Всього				313,89

Додаткова заробітна плата $Z_{\text{дод}}$ всіх робітників становить 31,39 грн.

Нарахування на заробітну плату $Z_{\text{н}}$ робітників становить 75,96 грн.

Загальновиробничі витрати становлять 784,74 грн.

Виробнича собівартість продукції

$$S_{\text{в}} = 124,43 + 534,95 + 313,89 + 31,39 + 75,96 + 1,56 + 784,74 = 1866,93 \text{ (грн.)}$$

5.11 Розрахунок ціни реалізації виробу

Ціну реалізації розробки можна розрахувати за формулою

$$C_p = S \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{W}{100}\right) \text{ (грн.)}, \quad (5.12)$$

де S – повна собівартість виробу, грн.;

P – норматив рентабельності, $P = 20\%$;

W – ставка податку на додану вартість, % (у 2019 році $W = 20\%$).

$$C_p = 1866,93 \cdot (1 + 0,2) \cdot (1 + 0,2) = 2688,37 \text{ (грн.)}$$

Прийmemo ціну реалізації в розмірі 2700,00 грн.

5.12 Розрахунок прибутку для виробника

Для розрахунку величини чистого прибутку, який може отримати виробник за рік можна скористатись формулою:

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

де C_p - ціна реалізації одиниці нового виробу, грн.;

MP - вартість матеріальних та інших ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці нового виробу;

f - зустрічна ставка податку на додану вартість, %. В 2019 р. ставка $f = 16,67\%$;

S_B - виробнича собівартість одиниці нового виробу, грн.;

q - норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати. %. Рекомендується приймати $q = 5...10\%$;

h - ставка податку на прибуток, %. В 2019 р. ставка $h = 18\%$;

N - число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\Pi = \left\{ \left[2700,00 - \frac{(2700,00 - 659,00) \cdot 16,67}{100} - 1866,93 - \frac{5 \cdot 1866,93}{100} \right] \cdot \left(1 - \frac{18}{100} \right) \right\} \cdot 280 = 91738,39 \text{ (грн.)}$$

5.13 Розрахунок терміну окупності витрат

Розрахуємо термін окупності T_0 витрат, які були використані на розробку нового технічного рішення за формулою:

$$T_0 = \frac{B}{\Pi} \text{ років}, \quad (5.13)$$

$$T_0 = \frac{144393,62}{91738,39} = 1,57 \text{ року}$$

Тобто вже за 1,57 року пристрій окупить вкладені у розробку та дослідження кошти, що свідчить про економічну доцільність проведення нової розробки.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи, була сформована оцінка результатів сучасних досліджень методів нейростимуляції постійним струмом, як методу лікування афективних розладів та впливу на когнітивні функції людини.

Визначенні головні недоліки та протиріччя, запропоновані шляхи їх усунення в майбутніх дослідженнях, що повинні бути спрямовані на встановлення оптимальних параметрів (сила струму та розміщення електродів).

Нейростимуляція має деякі клінічні та практичні переваги перед іншими методами стимуляції мозку: дешевизна і простота використання з мінімальними побічними ефектами.

В роботі представлені формули для розрахунку та оцінки струмів, що протікають по скальпу та черепу, також відношення струму, що протікає в мозок і струму, що подається на електрод. Наведені розрахунки підтверджують безпеку та ефективність методу нейростимуляції постійним струмом та дають можливість сформулювати основні технічні особливості приладу.

Визначивши головні технічні особливості приладу, було розроблено структурну схему приладу та принципову електричну схему.

Прилад дає можливість проведення безпечної нейростимуляції фіксованим значенням постійного струму з тривалістю, що визначається лікарем.

Надійність, простота конструкції та експлуатації, мала вага, габарити, економічність радіокомпонентів – визначають розроблений прилад та є його головними перевагами.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Козловський В.О. Техніко-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник / В.О.Козловський – Вінниця : ВДТУ, 2003 – 75 с.
2. Черникова П. Д. Техніко-економічні розрахунки та обґрунтування в дипломних проектах. / П. Д. Черникова – Минск, 1973 – 188 с.
3. Терещук Р. М. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства. Справочник радиолюбителя. / Терещук Р. М., Терещук К. М. – К. : Наукова думка, 1989 – 800 с.
4. Горобец А. И. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры. / А. И. Горобец, А.И.Степаненко, В. М. Коронкевич – К.: Техника, 1985 – 312с.
5. Борисов Н. М. Справочная книга радиолюбителя-конструктора. / Н.М.Борисов, Р.Г. Варламов – М.: Радио и связь, 1990 – 623с.
6. Белинский В. Т. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА / В. Т. Белинский и др. – К.: Высшая школа, 1992 – 243с.
7. Ненашев А. П. Конструирование радиоэлектронных систем. / А. П. Ненашев – М.: Высшая школа, 1990 – 432 с.
8. Abdel-Gawad, M.; Boyer, S.; Sawan, M. & Elhilali, M.M. (2001). Reduction of bladder outlet resistance by selective stimulation of the ventral sacral root using high frequency blockade: a chronic study in spinal cord transected dogs, *Journal of Urology*, Vol. 166, No.2, Aug. 2001, pp.728-733, 0022-5347
9. Ba, A.; Schneider, E.; Abdel-Karim, A.; Sawan, M. & Elhilali, M. M. (2002) Implantable dual stimulator to recuperate the bladder functions: Chronic experiments in dogs, *Int'l Functional Electrical Stimulation Society Conf.*, June 2002, IFESS, Ljubljana
Ba, A. (2004). Stimulations combinées dédiées au rétablissement de l'évacuation chez les patients souffrant de dysfonctions urinaires, M.Sc.A. dissertation, Ecole Polytechnique, Montreal (Canada), 2004.

10. Balachandran G. K. & Barnett, R. E. (2006). A 110 nA Voltage Regulator System With Dynamic Bandwidth Boosting for RFID Systems, *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol.41, No.9, Sept. 2006, pp.2019-2028, 0018-9200

11. Bhadra, N.; Kilgore, K. & Gustafson, K.J. (2006) High frequency electrical conduction block of the pudendal nerve, *Journal of Neural Engineering*, Vol.3, No.2, June 2006, pp.180-187, 2006, 1741-2560

12. Blaivas, J.G.; Sinha, H.P.; Zayed, A.A. & Labib, K.B. (1981). Detrusor-external sphincter dyssynergia, *Journal of Urology*, Vol.125, No.4, 1981, pp.542-544, 0022-5347
 New Neurostimulation Strategy and Corresponding Implantable Device to Enhance Bladder Functions 91 Blumer, C.E. & Quine, S. (1995). Prevalence of spinal cord injury: an international comparison, *Neuroepidemiology*, Vol.14, No.5, 1995, pp.258-68, 0251-5350

13. Boger, A.; Bhadra, N. & Gustafson, K.J. (2008). Bladder voiding by combined high frequency electrical pudendal nerve block and sacral root stimulation, *Neurourology and Urodynamics*, Vol.27, No.5, 2008, pp.435-439, 0733-2467

14. Electrical stimulation for the treatment of bladder dysfunction: current status and future possibilities, *Neurological Research*, Vol.24, No.5, 2002, pp.413-430, 1743-1328

15. Kilgore, K.L. & Bhadra, N. (2004). Nerve conduction block utilising high-frequency alternating current," *Medical & Biological Engineering & Computing*, Vol.42, No.3, 2004, pp.394-406, 0140-0118

16. Solomonow, M. (1984). External Control of the Neuromuscular System, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.31, No.12, 1984, pp.752-763, 0018-9294

17. Tai, C.; de Groat, W.C. & Roppolo, J.R. (2005) Simulation analysis of conduction block in unmyelinated axons induced by high-frequency biphasic electrical currents, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.52, No.7, 2005, pp.1323-1332, 0018-9294
 Williamson R.P. & Andrews, B.J. (2005). Localized electrical nerve blocking, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.52, No.3, 2005, pp.362-370, 0018-9294
 Yunlei L. & Jin, L. (2005). A 13.56 MHz RFID transponder front-end

with merged load modulation and voltage doubler-clamping rectifier circuits, Int'l Symp. on Circuits and Systems, Vol.5, pp.5095-5098, 0-7803-8834-8, May 2005, IEEE, Kobe

18. Парфенов Е. М. Проектирование конструкций РЭА. / Е. М. Парфенов – М.: Радио и связь, 1989 – 296 с.

19. Волуєвич Є. Й. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни „Конструювання електронної апаратури”. / Є. Й. Волуєви Р. Ф. Лободзинська та ін. – Вінниця.: ВДТУ, 1997 – 84 с.

20. Волинець С.І. Проектування технологічних процесів формоутворення деталей в радіо апаратобудуванні. / С. І. Волинець, О. В. Грабчак, О. П. Шеремета – Вінниця.: ВДТУ, 1998 – 108 с.

21. Яншин А. А. Теоретические основы конструирования, технологии, надежности ЭВА: Учебное пособие для вузов. / А. А. Яншин– М.: Радио и связь, 1983 – 312 с.

22. Варламов Р. Г. Компонировка радиоэлектронной аппаратуры. / Р. Г. Варламов – М.: Советское радио, 1975 – 375 с.

23. Варламов Р. Г. Справочник конструктора РЭА. / Р. Г. Варламов – М.: 1980 – 479 с.

24. Разевиг В.Д. „Система проектирования OrCAD” / В.Д. Разевиг – М.: „Солон-Р”, 2000 – 283 с.

25. Грошев Д.Е. Применение пакета OrCAD для компьютерного проектирования электронных схем. Ч.1. Учебное пособие. / Д.Е. Грошев – Новосибирск: НГТУ, 1999 – 202 с.

26. Дульев Г. И. Тепловые режимы радиоэлектронной аппаратуры. / Г. И. Дульев, Н. И. Тарновский – Л.: Энергия, 1971 – 248 с.

27. Павловский В. В. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА. / В. В. Павловский, В. И. Васильев, Г. Н. Гутман – М.: Радио и связь, 1982 – 318 с.

28. Филантов В.И. Технологическая производства пластмассовых деталей. / В.И. Филантов – С-П.: Машиностроение, 1975 – 334 с.

29. ГОСТ 12.0.003-74*. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
30. ДСН 3.3.6.042–99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
31. ДБН В.2.5-28-2006.-.Природне і штучне освітлення.- К.: Мінбуд України, 2006 – 76 с.
32. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвук та інфразвук.
33. ДСН 3.3.6.039–99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
34. Кобевник В.Ф. Охрана труда. / В.Ф. Кобевник – К.: Выща школа, 1990. – 286 с.
35. Сакевич В.Ф. Основи розробки питань ЦО в дипломних проектах. / В.Ф. Сакевич – Вінниця: ВДТУ, 2001р. – 108 с.

Додаток А
Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій радіоелектроніки та наносистем
Кафедра біомедичної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БМІ
д.т.н., проф. С.М. Злепко
“ _____ ” _____ 2019р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО
НЕЙРОСТИМУЛЯТОРА

Технічне завдання
до магістерської кваліфікаційної роботи
за напрямом 163 – Біомедична інженерія
08-35.МКР.169.03.000 ПЗ

Керівник к.т.н., доц. Тимчик С.В.
“ _____ ” _____ 2019р.

Розробив студент гр. БМА-18м

Вінськевич В.М.

“ _____ ” _____ 2019р.

1. Назва МКР: Дослідження та розробка конструкції мікроконтролерного нейростимулятора

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

3. Підставою для виконання МКР є протокол засідання кафедри БМІ №01 від 29 серпня 2019р.

4. Мета виконання МКР і призначення продукції дослідження та розробка конструкції мікроконтролерного нейростимулятора

5 Джерела розробки

1. Bhadra, N.; Kilgore, K. & Gustafson, K.J. (2006) High frequency electrical conduction block of the pudendal nerve, *Journal of Neural Engineering*, Vol.3, No.2, June 2006, pp.180-187, 2006, 1741-2560

2. Blaivas, J.G.; Sinha, H.P.; Zayed, A.A. & Labib, K.B. (1981). Detrusor-external sphincter dyssynergia, *Journal of Urology*, Vol.125, No.4, 1981, pp.542-544, 0022-5347
New Neurostimulation Strategy and Corresponding Implantable Device to Enhance Bladder Functions 91 Blumer, C.E. & Quine, S. (1995). Prevalence of spinal cord injury: an international comparison, *Neuroepidemiology*, Vol.14, No.5, 1995, pp.258-68, 0251-5350

3. Boger, A.; Bhadra, N. & Gustafson, K.J. (2008). Bladder voiding by combined high frequency electrical pudendal nerve block and sacral root stimulation, *Neurourology and Urodynamics*, Vol.27, No.5, 2008, pp.435-439, 0733-2467

4. Electrical stimulation for the treatment of bladder dysfunction: current status and future possibilities, *Neurological Research*, Vol.24, No.5, 2002, pp.413-430, 1743-1328

5. Kilgore, K.L. & Bhadra, N. (2004). Nerve conduction block utilising high-frequency alternating current,” *Medical & Biological Engineering & Computing*, Vol.42, No.3, 2004, pp.394-406, 0140-0118

6. Технічні вимоги:

6.1 Живлення пристрою 12В;

6.2 Струм споживання не більше 500 мА

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

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

9. Вимоги до розробленої документації:

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

10. Стадії та етапи МКР:

10.1 Теоретична частина:

- аналітичний огляд мікроконтролерних нейростимуляторів;
- дослідження методик при застосуванні нейростимуляторів;
- Конструкторсько-технологічний розділ;
- Економічна частина;
- Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

10.2 Графічна частина:

- схема електрична принципова;
- креслення друкованої плати;
- складальне креслення друкованої плати;
- структурна схема пристрою.

Таблиця 1 – Етапи виконання магістерської кваліфікаційної роботи

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розробка технічного завдання	До 20.10.2019	
2	Обґрунтування вихідних даних та оптимального варіанту розробки	до 01.11.2019	
3	Аналітичний огляд питання	до 15.11.2019	
4	Розв'язання основної задачі	до 20.11.2019	
5	Написання алгоритмічно-програмного забезпечення	до 25.11.2019	
6	Оформлення графічної частини та ПЗ	до 01.12.2019	
7	Попередній захист МКР	06.12.2019	

Розробив студент групи БМА-18м _____ Вінськевич В.М.