

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 ПОРТАТИВНОГО
ГЛЮКОМЕТРА»**

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

Фурман В.А.

Керівник: д.т.н., проф. Злепко С.М.

Рецензент: ас. каф. ТКСТБ Макогон В.І.

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-17м Фурману Владиславу Андрійовичу

1. Тема МКР «Дослідження та розробка портативного глюкометра»

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Злепко С.М., проф...

затверджені наказом вищого навчального закладу від “02.10” 2019 року №254

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2019 року.

3. Вихідні дані до роботи Розробити портативний глюкометр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналітичний огляд питання, дослідження методів вимірювання рівня цукру в крові, конструкторсько-технологічний розділ, економічний розділ, розділ охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Спеціальна частина	Злепко С.М., д.т.н., проф		
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 03.10.2019 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 _____ Фурман В.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Злепко С.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі досліджується та розробляється портативний глюкометр, який призначений для вимірювання рівня цукру в крові. А також дослідження процесу та методів вимірювання рівня цукру в крові, що є досить важливою та актуальною задачею на сьогоднішній день.

ANNOTATION

В данной магистерской квалификационной работе исследуется и разрабатывается портативный глюкометр, который предназначен для измерения уровня сахара в крови. А также исследования процесса и методов измерения уровня сахара в крови, что является весьма важной и актуальной задачей на сегодняшний день.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЦД – цукровий діабет

КГК – концентрація глюкози в крові

ІЧ – інфрачервоний

ВРГК – вимірювання рівня глюкози крові

ТСНТ – таймер – лічильник

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

АЛП – арифметико – логічний пристрій

ГДК – граничнодопустимі концентрації

КПО – коефіцієнт природної освітленості

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1.	A
ЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПИТАННЯ	6
1.1 Суть технічної проблеми, що виникла на даному етапі.....	6
1.2 Аналіз існуючих способів вимірювання рівня цукру в крові в домашніх умовах	7
1.3 Вибір та обґрунтування аналогу.....	9
1.4. Вивчення конкурентів продукції, що досліджується, на ринку глюкометрів	11
1.5 Основні теоретичні відомості про цукровий діабет	12
1.6 Типи цукрового діабету	15
1.7 Самоконтроль в лікуванні хворих на цукровий діабет	19
1.8 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	21
1.9 Визначення економічної доцільності нової розробки.....	25
1.10 Прогнозування собівартості нової розробки	25
1.11 Розрахунок величини капітальних вкладень	25
1.12 Розрахунок величини експлуатаційних витрат	26
1.13 Співставлення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат споживача	27
1.14 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки	28
2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ЦУКРУ В КРОВ.....	I
.....	32
2.1 Методи вимірювання рівня цукру в крові	32
2.2 Визначення рівня цукру в крові.	33
2.3 Короткий огляд поколінь глюкометрів	36
2.4 Оцінка основних критеріїв при виборі глюкометра.....	41
2.5 Дослідження роботи глюкометра на основі електрохімічного методу	43
2.6 Дослідження роботи неінвазивного глюкометра	44
2.7 Дослідження роботи глюкометра на основі фотометричного методу	46
2.8 Дослідження точності вимірювання глюкометрів різних методів на основі порівняння	50

3 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	53
3.1 Розробка структурної схеми	53
3.2 Розробка схеми електричної принципової	54
3.3 Задача компоновання	57
3.4 Аналіз елементної бази	58
3.5 Розробка різних варіантів конструкцій	59
3.6 Визначення розмірів і маси конструкції	60
3.7 Вибір оптимального варіанту конструкції	63
3.8 Вибір типу друкованої плати	64
3.9 Вибір і обґрунтування класу точності друкованої плати	65
3.10 Вибір матеріалу друкованої плати	65
3.11 Розрахунок діаметрів контактних площадок	66
.....	66
3.12 Розрахунок ширини друкованих провідників	68
3.13 Розрахунок плати на механічні дії	69
3.14 Розрахунок плати на електромагнітну стійкість	71
3.15 Моделювання частини схеми за допомогою програми	72
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	70
4.1 Розрахунок кошторису витрат на розробку та дослідження портативного глюкометра	74
4.2 Витрати на основну заробітну плату розробників	74
4.3 Основна заробітна плата робітників	75
4.4. Розрахунок додаткової заробітної плати робітників	76
4.5 Нарахування на заробітну плату	76
4.6 Амортизаційні відрахування	77
4.7 Оренда обладнання	78
4.8 Витрати на матеріали	79
4.9 Витрати на комплектуючі	80
4.10 Витрати на силову електроенергію	81
4.11 Інші витрати	82

4.12 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	84
4.14 Витрати на силову електроенергію	85
4.15 Витрати на основну заробітну плату робітників	86
4.16 Розрахунок додаткової заробітної плати робітників	87
4.17 Нарахування на заробітну плату	88
4.18 розрахунок загально виробничих статей витрат	88
4.19 Виробнича собівартість продукції.....	88
4.20 Розрахунок ціни реалізації виробу	88
4.21 Розрахунок прибутку для виробника	89
4.22 Розрахунок терміну окупності витрат.....	90
4.23 Розрахунок експлуатаційних витрат у споживача при використанні нової розробки.....	90
4.24 Розрахунок економічного ефекту для споживача від придбання нового приладу	92
4.25 Розрахунок для споживача економічного ефекту на ціні від придбання нового виробу	92
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	94
5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці	95
5.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони	95
5.1.2 Виробниче освітлення	96
5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання	98
5.1.4 Виробничі випромінювання.....	99
5.2 Технічні рішення щодо безпеки при проведенні розробки пристрою для електрокоагуляції.....	99
5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць	99
5.2.2 Електробезпека	100
5.2.3 Розрахунок напруги дотику	100
5.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи пристрою для електрокоагуляції в умовах дії загрозливих чинників	101
5.4.1 Дослідження стійкості роботи пристрою для електрокоагуляції в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	103

5.4.2 Дослідження стійкості роботи пристрою для електрокоагуляції в умовах дії електромагнітного імпульсу	104
5.5 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи пристрою для електрокоагуляції в умовах дії загрозливих чинників НС.....	106
Висновки до розділу	107
ВИСНОВКИ	108
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	109
ДОДАТКИ	113

ВСТУП

Актуальність теми Дослідження процесу та методів вимірювання рівня цукру в крові є досить важливою та актуальною задачею на сьогоднішній день. В Україні – більш як мільйон хворих на цукровий діабет. Кількість таких пацієнтів щороку зростає. Тому ендокринологічну допомогу хворим на цукровий діабет надають не тільки ендокринологи, а й лікарі різних спеціальностей. Отже, дуже важливим є те, щоб пацієнти могли самі контролювати рівень цукру в крові в домашніх умовах.

Зараз на ринку глюкометрів все більша увага приділяється портативності та багатофункціональності даних приладів. Відповідно ціна таких глюкометрів є високою. Проте не всі хворі на цукровий діабет мають однакові статки. Цим пояснюється розмаїття існуючих глюкометрів на ринку.

Мета і задачі МКР Метою даної роботи є дослідження методів та приладів для вимірювання рівня цукру в крові для хворих на цукровий діабет.

У відповідності до поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати аналітичний огляд питання;
- дослідити методи вимірювання рівня цукру в крові;
- виконати аналіз існуючих приладів для вимірювання рівня цукру в крові;
- виконати розробку та вдосконалення структури обраного оптимального глюкометра;
- виконати розгляд питань з охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- виконати економічну частину магістерсько дипломної роботи.

Об'єктом МКР є процес вимірювання рівня цукру в крові за допомогою глюкометрів.

Предметом дослідження є методи та прилади для вимірювання рівня цукру в крові.

Методи дослідження У роботі використовуються електрохімічний, фотометричний та неінвазивний методи визначення рівня цукру в крові.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Проведено аналіз методів та методик

2. Проведено підбір параметрів алгоритму рішення поставленої математичної задачі

3. Запропоновано конструкцію портативного глюкометра, який забезпечив оптимальне співвідношення показників функціонального призначення і надійності роботи пристрою відносно його вартості та інших економічних показників.

Практичне значення одержаних результатів полягає в:

- розроблено конструкцію портативного глюкометра.
- розроблені структурної схеми та принципової схеми портативного глюкометра.

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 ПИТАННЯ

1.1 Суть технічної проблеми, що виникла на даному етапі

Усім хворим на цукровий діабет, особливо якщо діабет першого типу, тобто інсулінозалежний, необхідно вимірювати рівень цукру в крові декілька разів на добу. Для цього існують спеціальні прилади – індивідуальні глюкометри, а також тест-смужки. Останнім часом їх усе частіше можна придбати в аптеках. Кожна модель глюкометра має особливі характеристики і різну комплектацію.

Найбільш розповсюджений спосіб самоконтролю рівня цукру в крові без будь-яких приладів – використання тест-смужок. При нанесенні краплі крові на таку тест-смужку виникає хімічна реакція, смужка змінює свій колір, який потім треба порівняти з колірною шкалою. Таким чином, вміст глюкози в крові можна визначити візуально. Однак цей метод недостатньо точний. Скажімо, якщо необхідно промокнути кров зі смужки, то нерівності серветки можуть стати причиною викривлення результату. Крім того, доводиться вимірювати час по годиннику із секундною стрілкою. Значно простіше і зручніше користуватися глюкометром.

Глюкометр не вимагає від пацієнта ні промокати кров зі смужки, ні контролювати час – проведення аналізу цілком автоматизовано. Досить просто торкнутися спеціальної тест-смужки для глюкометра краплею крові з пальця й установити тест-смужку в прилад. Протягом 30-120 секунд він автоматично покаже на табло рівень цукру в крові.

Сучасні глюкометри діють за одним із двох основних принципів: електрохімічним чи фотометричним (оптичним). Втім, з погляду споживача, особливої різниці між глюкометрами обох типів немає. Варто тільки врахувати, що з приладів, що працюють за фотометричним принципом, слід віддати перевагу тим, які оснащені шкалою для візуальної оцінки результатів. Особливу увагу потрібно приділяти точності вимірювань, адже не всі сучасні глюкометри мають однакову точність. [1]

1.2 Аналіз існуючих способів вимірювання рівня цукру в крові в домашніх умовах

Людям, що живуть із цукровим діабетом, для того щоб запобігти розвитку ускладнень діабету, необхідно протягом дня самостійно підтримувати рівень глікемії в межах, близьких до норми. Досягається це за допомогою ін'єкцій інсуліну й прийому таблетованих препаратів, під постійним контролем рівня цукру в крові за допомогою глюкометра.

Тест-смужки для глюкометра - необхідний видатковий матеріал, без якого неможлива робота глюкометра. Саме в тест-смужці відбувається хімічна реакція, результат якої фіксує глюкометр, перетворюючи його в показання цукру крові. Всі тест-смужки є специфічними, тобто для кожної моделі глюкометра потрібно, тільки відповідної цієї моделі, тест-смужки.

При виборі певної моделі глюкометра, треба чітко розуміти, що Ви тим самим прив'язуєте себе й до певного виду тест-смужок, які повинні бути постійно в роздрібному продажі й доступні за ціною. У цей час незаперечним є те, що саме частота вимірів визначає ступінь керованості цукровим діабетом. Тому ціна тест-смужок, стане тим фактором, що буде визначати вашу можливість адекватно контролювати цукровий діабет.

Функціонально, глюкометри дуже прості й із цієї причини, дуже надійні в експлуатації прилади, не складніше звичайного калькулятора. Вони роблять реєстрацію змін, що відбуваються в тест-смужці під час хімічної реакції спеціальної речовини із глюкозою у вашій зразку крові. Ці зміни вони перетворюють у показання рівня цукру в крові.

При виборі моделі глюкометра треба враховувати те, кому він призначений. Якщо приладом буде користуватися літня людина, краще взяти модель з великим дисплеєм. Людям, що ведуть активний спосіб життя, важливі розміри і вага глюкометра. Якщо його необхідно постійно мати при собі, варто купити компактну модель, що вільно уміщається в кишені чи невеликій сумці. Для дітей підійдуть легкі в управлінні моделі, у комплект постачання яких входить спеціальний автоматичний ланцет – пристрій для проколювання пальця, що

робить цю процедуру максимально безболісною. До речі, щоб брати кров з мінімумом неприємних відчуттів, укол треба робити в бічні поверхні пальців, а не в "подушечку". Брати кров для аналізу рекомендується з будь-якого пальця, крім великого і вказівного.

Існують два види способу реєстрації цих змін: електрохімічний і фотометричний. Електрохімічний спосіб (використовується в глюкометрах останнього покоління) здійснюється шляхом пропускання слабкого електричного імпульсу через тест-смужку, і виміру зміни його потенціалу в ході хімічної реакції. Фотометричний спосіб фіксує зміну характеристики світлового імпульсу, що пропускається через зону хімічної реакції. Обидва способи дають однаково точний результат, тобто вид способу виміру не відбивається на якості самого результату.

Існують також два види перерахування цих змін у кінцевий результат: перерахування в показання рівня цукру в крові й перерахування в показання рівня цукру в плазмі крові.

Різні глюкометри видають показання в різних середовищах: у крові або в плазмі крові. Зв'язано це з різними стандартами, прийнятими в тих країнах, звідки імпортують глюкометри. Всі глюкометри, крім того, можуть надавати отриманий результат у двох різних одиницях виміру (ммоль/л або мг/дм), також використовувані в різних країнах як стандарт.

В Україні й країнах СНД, одиниця виміру цукру в різних середовищах - ммоль/л, а показання рівняються з нормами цукру - у крові.

Значення ж у глюкометрах, які перераховують результат реакції в показання цукру в плазмі крові, відрізняються від значень цукру в цільній крові на 12% у більшу сторону. Так, наприклад, якщо норма цукру в крові натще 3,3-5,5 ммоль/л, то в плазмі крові ця норма на 12% більше, тобто - 3,7 - 6,2 ммоль/л. Тому треба чітко знати, по якому середовищу калібрований глюкометр (тобто в які показники він перераховує результат реакції), щоб правильно орієнтуватися в його показниках. [3]

1.3 Вибір та обґрунтування аналогу

В даній дипломній роботі буде проведено дослідження параметрів глюкометра українського виробника «Глюкофот». Аналогом глюкометра, що досліджується, є глюкометр Life Scan One Touch. Дана фірма вважається лідером в галузі розробки глюкометрів для самоконтролю рівня цукру в крові для хворих на цукровий діабет. Даний глюкометр, як і досліджуваний, використовується в галузі самоконтролю рівня цукру в крові та у лікувальних установах. Слід відзначити, що один з пристроїв, а саме глюкометр OneTouch, вимірює рівень цукру в крові за допомогою електрохімічного методу, а інший – «Глюкофот» - за допомогою фотометричного, проте обидва використовують тест – смужки. Порівняльні параметри аналогу та досліджуваного пристрою наведені в таблиці 1.1.

Особливістю цього приладу є можливість безпроводного зв'язку з інсуліновою помпою Paradigm, що в підсумку повинно послужити більше повному контролю глікемічного профілю хворого цукровим діабетом. Пристрій використовує сертифіковану безпроводну технологію компанії Medtronic.

Прилад досить чутливий до поту, особливо наприкінці стадії нагрівання й початкової калібрації; прилад чутливий до різких змін цукру - якщо рівень цукру міняється в крові дуже різко, скажімо, після споживання швидких цукрів (сік, банани, і т.д.) без компенсації; прилад чутливий до місця застосування, розрахований на передпліччя; використання приладу може привести до подразнень шкіри, які проходять через день або два; коли прилади проходять стадію нагрівання, відчувається невелике пощипування. Прилад досить вимогливий і дорогий для щоденного використання, але може непогано допомогти для моніторингу цукру, якщо користуватися разів зо два в тиждень.

Таблиця 1.1 - Порівняльні параметри глюкометра «OneTouch II» та досліджуваного глюкометра «Глюкофот-II»

Параметри	«One Touch-II»	«Глюкофот-II»
Країна-виробник	США	Україна
Діапазон вимірювань (ммоль/л)	1,1-33,3	2,0-30,0
Об'єм крові	1 крапля	1 крапля
Час вимірювання (сек)	45	60
Принцип вимірювання	електрохімічний	фотометричний
Пам'ять останніх результатів	150	-
Джерело живлення	1 літієва батарейка 6 V типу CR2032	акумулятор
Маса (грам)	100	200
Розміри (мм)	100x55x10	120x85x25
Тест-полоски	OneTouch Ultra	Гемоглан
Гарантія (рік)	1	5

Сам прилад виглядає як великий наручний годинник з 4 кнопками. Щоб користуватися цим приладом, необхідно купувати спеціальні "аутосенсиори" - невеликі пластинки із пластмаси з гелієвими датчиками. Ці сенсори кріпляться до задньої стінки приладу й, коли прилад прикріплюється до тіла, вони зчитують кількість глюкози в організмі. Ці аутосенсиори одноразові. Розраховані на 13-15 годин роботи. Сенсори дуже чутливі до фізичних і температурних навантажень. Зберігати рекомендується в холодильнику від +2° С до +6° С. Сам проділ містить усередині себе додаткову батарейку, що дозволяє йому зберігати результати аналізів до двох днів, якщо основна батарея відсутня. Прилад може зберігати до 8500 записів. За 13 годин роботи прилад повинен зробити 76 вимірів, по одному виміру кожні 10 хвилин. По статистиці насправді за один цикл прилад робить 50-60 вимірів й вимикається на 1 - 2 години раніше покладеного строку. Тобто, замість 13 годин вимірів одержуємо 12-11 або навіть менше. Точність приладу теж не ідеальна, погрішність не повинна перевищувати 30%, а в 90% вимірів не перевищує 11% .

Компанія – виробник такого приладу не позиціонує його як замітник звичайному глюкометру, а як зручне доповнення для контролю зміни рівня цукру протягом дня або ночі кілька разів у тиждень.

Зручність використання даного глюкометра:

- тест - смужка OneTouch Ultra сама втягує необхідний для аналізу обсяг крові й показує, чи досить його для одержання точного результату;
- багатошарова тест-смужка захищена від зовнішніх впливів;
- маленька крапля крові - усього 1 мікролітр;
- комфортна процедура аналізу;
- дозволяє вибрати місце проколу - палець або рука (плече/передпліччя).

[29]

1.4 Вивчення конкурентів продукції, що досліджується, на ринку глюкометрів

Проведемо аналіз основних глюкометрів, представлених на ринку України, основаних на електрохімічному методі вимірювання рівня цукру в крові. Дані занесено до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Порівняльні параметри глюкометрів, основаних на електрохімічному методі вимірювання рівня цукру в крові

Параметри	Precision	Elite 2000	Senzori test	Super glucocard
Країна-виробник	США	Німеччина	Чехія	Японія
Діапазон вимірювань	1,1-33,3	1,1-33,3	1,7-30,6	2,2-27,8
Час вимірювань(сек)	20	30	30	30
Маса (грам)	40	100	150	50
Розміри (мм)	48x97x14	-	120x60x20	83x54x13
Тест-смужки, ціна за упаковку(грн/25шт)	Sensor Flectrodes 90 грн	Elite Sensor 35 грн	Senzori Fan 90 грн	Glucotip -
Гарантія (роки)	1	1	1	1
Метод вимірювань	електрохім	електрохім	електрохім	електрохім
Ціна приладу (грн.)	380	400	420	550

Також на ринку глюкометрів представлені прилади, основані на фотометричному методі вимірювань рівня цукру в крові. Їх порівняльну характеристику занесено до таблиці 1.3. [31]

Таблиця 1.3 - Порівняльні параметри глюкометрів, основаних на фотометричному методі вимірювання рівня цукру в крові

Параметри	One Touch II	Glucotrend	Supreme Plus	Глюкофот
Країна-виробник	США	Швейцарія	Англія	Україна
Діапазон вимірювань	1,1-33,3	1,1-33,3	2,0-25,0	2,0-30,0
Час вимірювань(сек)	45	30	60	60
Маса (грам)	100	100	150	200
Розміри (мм)	-	-	100x50x15	120x85x25
Тест-смужки, ціна за упаковку(грн/25шт)	One Touch 180 грн	Glucotrend 100 грн	Supreme 75 грн	Гемоглан 25 грн
Гарантія (роки)	4	1	3	5
Метод вимірювань	фотометр.	фотометр.	фотометр.	фотометр.
Ціна приладу (грн.)	590	375	295	270

1.5 Основні теоретичні відомості про цукровий діабет

Цукровий діабет сьогодні - одна з провідних медико-соціальних проблем. Мільйони людей в усіх країнах світу страждають на це захворювання. Цукровий діабет займає третє місце у світі після серцево-судинних і онкологічних захворювань. За різними джерелами, у світі налічується від 120 до 180 млн. хворих діабетом, що складає 2-3% від усього населення планети. У 1965г у світі налічувалося 30 млн. діабетиків, а в 1972г - вже 70 млн.

За сьогоднішніми прогнозами кожні 15 років очікується двократне збільшення числа хворих! При такому рості не має сенсу приводити які-небудь точні цифри. По країнах (у процентному відношенні до населення) статистика виглядає приблизно так:

- Україна 3-4%
- США 4-5%
- Країни Західної Європи 4-5%

- Країни Латинської Америки 14-15%

Десятки мільйонів людей страждають невиявленими формами захворювань, або ж у них можлива схильність до хвороби, оскільки є родичі, що страждають на цукровий діабет.

Як зізнається пригнічуюча кількість медиків, основним чинником захворювання є спадкова схильність до діабету. Але він може бути і здобутим, наприклад з такої причини: як встановили британські фахівці, особливо схильні до діабету ті, хто народився у весняні місяці, з березня по травень. Пов'язано це з весняною активністю грипу і інших вірусних інфекцій, а також з тим, що навесні людський організм ослаблений, і кількість вірусних захворювань росте - у тому числі серед вагітних жінок.

Вірогідність діабетичного захворювання, як з'ясувалося останніми роками, пов'язана не лише із спадковістю, але - що вражає! - з расою. Особливо схильні до цієї хвороби чорношкірі. Так, негритянська частина населення США складає зараз 36-37 мільйонів, і більше трьох мільйонів з них хворі на діабет. Особливо часто він вражає жінок: чверть літніх чорношкірих американок – діабетики.

Також дуже схильні до діабету американські індіанці. В цілому у чорношкірих і червоношкірих ця хвороба зустрічається в два-три рази частіше, ніж у представників білої раси. Причини цього явища доки неясні. Також відомо, що серед хворих цукровим діабетом 10-15% складають хворі з першим (інсулінозалежним) типом діабету. Чоловіки і жінки хворіють на це захворювання приблизно однаково.

Отже, цукровий діабет є порушенням обміну речовин, внаслідок недостатнього утворення власного інсуліну (діабету першого типу або тип I), або порушення його дії на тканині (діабет другого типу або тип II). Інсулін виробляється в підшлунковій залозі, яка розташована безпосередньо за шлунком, між селезінкою і петлею дванадцятипалої кишки. Вона важить 70-100 г і, окрім інсуліну, виробляє щодня панкреатичний сік, який поступає в дванадцятипалу кишку і відіграє важливу роль в переварюванні жирів, вуглеводів і білків.

Інсулін виробляється в так званих бета-клітинах, розташованих по усій залозі невеликими групами, які називаються "Острівцями Лангерганса". У

дорослої здорової людини є приблизно 1 мільйон таких острівців, загальна сумарна вага яких складає 1-2 гр. Разом з бета-клітинами, в острівцях підшлункової залози розташовуються і, так звані, альфа-клітини, що виробляють гормон глюкагон, який діє в організмі протилежно інсуліну.

У здорових людей концентрація глюкози в крові підтримується в межах 3,5–6,1 ммоль/л. Після їди її рівень на короткий час може підвищитися до 8 ммоль/л, але підшлункова залоза вчасно реагує на таке підвищення додатковою продукцією інсуліну і рівень глюкози знижується. У людини з цукровим діабетом підшлункова залоза або не може виробляти інсулін, як це має місце у пацієнтів з діабетом 1го типу, або ж його кількість недостатня, що характерне для пацієнтів з діабетом 2го типу. Тому у людей з діабетом рівень глюкози в крові перевищує нормальні показники. При збільшенні концентрації глюкози в крові вище нормальних значень у людей з діабетом з'являються специфічні симптоми захворювання: відчуття сухості у роті, спрага, збільшене виділення сечі, порушення зору. Людина почуває слабкість, починає худнути. Але це суб'єктивні симптоми. Зрештою, випивши кучоль води, можна вгамувати спрагу і на деякий час поліпшити самопочуття. [30]

Справжня ж загроза, яка виникає при постійно високій концентрації глюкози в крові, це загроза розвитку хронічних ускладнень діабету: ураження судин, як маленьких, так і великих, та нервів. Численними дослідженнями доведено, що саме високий рівень глюкози є причиною розвитку ускладнень, що призводять до інвалідації та передчасної смерті людей з діабетом. Найбільшою загрозою у відношенні ризику виникнення ускладнень є висока концентрація глюкози після їди.

Існує дві основні форми цукрового діабету : цукровий діабет I типу і цукровий діабет II типу. Цукровий діабет (інсулінозалежний) I типу виникає при інсуліновій недостатності в організмі, коли бета-клітини підшлункової залози не здатні виробити потрібну кількість інсуліну або взагалі не можуть його секретувати. Діабет I типу може бути природженим (тобто проявитися вже в дитинстві) і зазвичай виникає у молодих, у дітей, підлітків і осіб у віці до 25-30

років; внаслідок цієї причини його іноді називають ювенільним діабетом або діабетом молоді. Він зустрічається приблизно в 15-20% випадків.

Цукровий діабет II типу (інсулінонезалежний) розвивається зазвичай поступово. Він носить назву «Діабет дорослих» або «діабет літніх», тому що виникає у людей у віці 40 років і старше. Найчастіше ці хворі мають надмірну вагу. У них утворюється ще багато свого інсуліну, але цей інсулін чинить недостатньо ефективну дію. Цукрового діабету II типу припадає на частку 85-90%. [30]

1.6 Типи цукрового діабету

1.6.1 Діабет I типу

Діабет першого типу зазвичай розвивається у молодих людей, у яких інсулін не виробляється в організмі із-за ушкодження або втрати бета-клітин підшлункової залози. В результаті цього організм не може використовувати глюкозу і вона накопичується в крові. В цьому випадку нирки починають виводити надлишок глюкози з сечею. Одним з перших симптомів захворювання буває часте сечовипускання, оскільки організм намагається "вимивати" наростаючу кількість глюкози. Це призводить до підвищеної спраги і споживання великої кількості води. З часом нирки перестають справлятися з таким навантаженням і виникають болі в животі, блювота, настає обезводнення організму.

Коли організм не може використовувати глюкозу для виробництва енергії, він витрачає відкладений жир. Проте клітинам переробляти жир для виробництва енергії важче. Оскільки клітини не в змозі "спалювати" жир повністю, в організмі утворюються кетоніві тіла. Вони можуть накопичуватися в крові і тим самим викликати різні ускладнення. У міру накопичення в крові кетонових тіл виникає стояння, зване кетоацидозом. Для будь-якої людини, хворої на діабет, кетоацидоз представляє серйозну небезпеку. Якщо кетоацидоз вчасно не розпізнати і швидко не усунути, хворий може втратити свідомість і навіть померти.

Але це не означає, що цукровий діабет першого типу (інсулінозалежний) буває тільки у молодих людей.

Діабет першого типу - рідкісне захворювання, в Німеччині приблизно 150000 - 200000 хворих діабетом першого типу і близько 5 мільйонів хворих діабетом другого типу.

Якщо людині поставлений діагноз інсулінозалежного діабету, їй слід навчитися контролювати своє захворювання.

Для цього необхідно:

- щодня робити ін'єкції інсуліну;
- споживати здорову їжу, при цьому зразкова однакова її кількість, одного типу і в один і той же час;
- щодня займатися фізичними вправами - це поліпшить здоров'я в цілому;
- вести спостереження за змістом глюкози в крові і сечі. Роблячи аналіз крові і сечі для визначення змісту в них глюкози, ви знатимете, скільки інсуліну і коли буде треба вашому організму;
- розширювати свої знання про діабет і його лікування. Це допоможе вам краще справлятися зі своїм діабетом.

Інсулін, правильне харчування і фізичні вправи допоможуть вам підтримувати нормальний рівень глюкози в крові. Якщо вміст глюкози в крові впаде занадто низько (гіпоглікемія), необхідно терміново з'їсти або випити щонебудь, щоб рівень глюкози в крові піднявся. Якщо рівень глюкози в крові підніметься занадто високо (гіперглікемія) і в сечі з'являться кетонові тіла, може розвинутися кетоацидоз. При високому рівні глюкози в крові або в сечі необхідно перевірити сечу на наявність кетонових тел. Якщо їх кількість виявиться в середньому або верхньому діапазоні, негайно необхідно звернутися до лікаря. [30]

1.6.2 Діабет II типу

Діабет другого типу найбільш поширений. Зазвичай він розвивається у людей старше 40 років і що мають надмірну вагу. Іноді симптоми цукрового діабету II типу розвиваються у підлітків і осіб молодого віку.

Ця форма носить назву "Цукровий діабету огрядних дорослих і молодих", і він наслідуює в 50-80 % випадків.

У таких людей може бути нормальний, низький або навіть високий зміст інсуліну, і проте, високий вміст глюкози в крові і діабет. Його розвиток пов'язаний з підвищеною масою тіла. При другому типі цукрового діабету необхідно змінити дієту, збільшити інтенсивність фізичних навантажень і злегка схуднути для того, щоб позбавитися від захворювання. Абсолютно недостатньо тільки приймати пігулки. Швидше за все ускладнення, пов'язані з високим рівнем цукру в крові розвиватимуться, якщо не виконувати усі рекомендації по способу життя з цукровим діабетом другого типу. Огрядність може сприяти несприйнятності до інсуліну, тобто клітини організму не можуть використовувати інсулін належним чином. Однією з причин цього є відсутність у клітин достатнього числа рецепторів для інсуліну. В цьому випадку глюкоза не може повністю проникнути в клітини і накопичується в крові.

Симптоми діабету другого типу зазвичай розвиваються поступово впродовж тривалого часу. Ви можете відчувати втому або помітити, що сечовипускання відбувається частіше. Проте, оскільки початок хвороби проходить поступово, багато людей не звертають на це уваги.

Для лікування інсулінонезалежного діабету необхідно:

- споживати таку кількість їжі і ті види продуктів, які дозволять вам регулювати свою вагу;

- щодня займатися фізичними вправами, це поліпшить ваше здоров'я в цілому і допоможе використовувати власний інсулін ефективніше, фізичні вправи також допоможуть скинути зайву вагу;

- вам може також знадобитися приймати протидіабетичні пігулки. Вони допоможуть вашій підшлунковій залозі виробляти більше інсуліну, а організму - використовувати його більш продуктивно. Якщо протидіабетичні пігулки не знижують зміст глюкози в крові до нормального рівня, вам може знадобитися отримувати інсулін у вигляді ін'єкцій. Ваш лікар пропише вам необхідний вид лікування. [30]

1.6.3 Панкреатичний діабет

Різновид захворювання, викликаного ураженням тканин підшлункової залози. Якщо велика частина або уся тканина підшлункової залози пошкоджена, то порушуються багато її функцій. Через зниження або повної відсутності секреції інсуліну змінюються усі види обміну. Крім того, порушена екскреторна функція підшлункової залози, тобто недостатньо секретується соку підшлункової залози, що містить ферменти для переварювання жирів і вуглеводів. Порушується переварювання їжі в шлунково-кишковому тракті. Тому енергія, що потрапляє в організм з їжею, не може бути повністю використана. Звідси витікає, що при лікуванні важливо не лише підібрати адекватну інсулінотерапію, але і призначити не вистачаючі ферментні препарати.

Причинами ураження підшлункової залози можуть стати:

- 1) панкреатит, викликаний хронічним зловживанням алкоголю або жовчокам'яною хворобою.
- 2) оперативне втручання на підшлунковій залозі.

Ускладнення цукрового діабету:

- Серцево-судинні захворювання;
- Захворювання нирок;
- Захворювання органів зору;
- Захворювання ніг;
- Ожиріння;
- Грибкові захворювання.

Головна причина пізніх хронічних ускладнень при діабеті - ураження дрібних кровоносних судин і периферичної нервової системи. При надлишку цукру в крові страждають стінки судин і нервів; проникаючи в них, глюкоза перетворюється на речовини, які є токсичними для цих тканин. В результаті відбуваються зміни, що порушують нормальну роботу органу, в якому є багато дрібних судин і нервових закінчень. Якщо ж хворий утримує цукор крові в межах допустимих величин (6,7-8,0 ммоль/л), то пізні діабетичні ускладнення не виникають.

Це не заспокійлива формула, а реальність, підтверджена багатьма прикладами; багатьом хворим вдавалося уникнути ускладнень шляхом компенсації діабету. Одним з перших лікарів, що ще в 20-х роках вказав на виключно важливу роль компенсації, був американець Еліот Проктор Джослін; він, передбачаючи пізніші відкриття в медицині, вважав, що саме компенсація - кінцева мета лікування діабету.

Мережа дрібних кровоносних судин найбільш розвинена в сітківці ока і в нирках, а нервові закінчення підходять до усіх органів (у тому числі - до серця і мозку), але особливо багато їх в ногах - і саме ці органи і частини тіла найбільш схильні до діабетичних ускладнень. В першу чергу страждають очі, нирки і ноги.

Діабет є таким серйозним порушенням функцій людського організму, що його віддалені наслідки у кращому разі неприємні, а в гіршому - смертельні. Але між цими двома категоріями, між кращим (неприємностями із зубами, суглобовими болями, легким онімінням ніг) і гіршим (смертю) знаходиться щось середнє, але дуже трагічне: втрата зору, ніг, хвороба нирок або такий же трагічний трикутник, в якому опиняється хворий, що страждає одночасно діабетом, ожирінням і гіпертонією.

Хворі діабетом нерідко доживають до похилих років, причому статистичні дослідження цього питання в майбутньому можуть привести до дуже оптимістичних результатів: не забуватимемо, що сучасні інсуліни і засоби контролю діабету з'явилися не так вже давно, років двадцять тому, а значить, вони істотно вплинули на життя тих хворих інсулінозалежним цукровим діабетом, яким зараз менше сорока років.

Як вже відзначалося вище, до найбільшого ризику у діабетиків схильні очі, ноги і нирки. [30]

1.7 Самоконтроль в лікуванні хворих на цукровий діабет

Цукровий діабет належить до захворювань, що супроводжують людину від моменту встановлення діагнозу до переходу її у засвіти. І таке співіснування людини і діабету диктує необхідність усвідомлення управління діабетом, аби він

не керував своїм господарем. Саме так - стати господарем власного діабету, а не бути у прислужництві у нього.

Захворювання на діабет за суттю своєю обумовлено генетично. І драматичний діабет типу 1 з абсолютною інсулінозалежністю, і підступний діабет типу 2 із функціональною недієздатністю інсуліну виношуються в організмі пацієнта та виявляють себе за умов збігу певних чинників довкілля. А отже, кожна людина, що має діабет, мусить бути впевненою в собі, у своїх можливостях, бути керівником власного діабету. Цю впевненість надають знання. Знання особливостей перебігу діабету.

Діабет є станом стійкого й високого рівня глюкози у плазмі крові людини. Підвищення вмісту глюкози - гіперглікемія - породжує низку ушкоджень судин і нервів, хронічних ускладнень діабету. Ускладнень діабету, а не нових захворювань людини. Потрібно знати, що значне зростання глюкози в крові після прийому їжі (післяхарчова, або постпрандіальна гіперглікемія) збільшує ризик різноманітних судинних катастроф: інсультів та інфарктів. Стан післяхарчової гіперглікемії оцінюють, як правило, через 2 години після споживання їжі. Саме за станом післяхарчової гіперглікемії роблять висновки про якість компенсації цукрового діабету. Якщо вона не перевищує 8,5 ммоль/л, то це добре компенсований діабет, до 10 ммоль/л - компенсація діабету є допустимою, а коли глікемія сягає понад 10 ммоль/л, компенсація є вкрай поганою.

За умов стійкої гіперглікемії, тобто некомпенсованого діабету зростає й артеріальний тиск. Використання лікувальних препаратів для унормування артеріального тиску в таких випадках не завжди досягає бажаної мети. Встановлено, що зменшення післяхарчової гіперглікемії до 7,9 ммоль/л супроводжується зниженням артеріального тиску на 40 мм.рт.ст. За умов досягнення стійкої компенсації діабету в осіб з приграничною гіпертензією остання зникає зовсім без застосування препаратів гіпотензивної дії.

Гіперглікемію варто розглядати також провідним чинником стимулювання ушкоджень артеріальних судин атеросклерозом. Показником порушень жирового обміну є вміст холестерину у плазмі крові людини. Коли глікемія дорівнювала 10,02 ммоль/л, вміст холестерину у плазмі крові складав 6,33 ммоль/л. Зменшення

рівня глікемії після вживання їжі до 7,8 ммоль/л супро-воджувалось падінням показника холестерину до 5,4 ммоль/л, що лежить в межах нормальних величин для здорових людей.

Відомо, що узагальнюючим показником рівня глюкози у плазмі крові є вміст глікозильованого гемоглобіну. Це продукт неферментативного приєднання глюкози до гемоглобіну в момент дозрівання еритроцитів. Глюкоза, з'єднавшись з гемоглобіном, перебуває у цьому стані, доки еритроцит циркулює у крові - 120-140 діб. Саме за цей термін можна ретроспективно оцінювати стан компенсації цукрового діабету. Якщо у крові глікозильовано до 14% гемоглобіну, то активність процесів перекисного окислення ліпідів зростає майже втричі від норми. Але коли досягти тривалої і стійкої компенсації цукрового діабету та добитись зменшення глікозильованого гемоглобіну до 6,5%, то активність процесів перекисного окислення ліпідів лише в 1,5 рази буде перевищувати рівень цього показника для здорових людей.

Отже, чітко контролюючи основне виявлення цукрового діабету - рівень глюкози у плазмі крові - та намагаючись довести його до показників здорових людей, хворий на діабет в змозі пригальмувати прогресування фатальних судинних та неврологічних ускладнень діабету и вдало спрямовувати свої зусилля у русло здоров'я, а не хвороби.

Завдання й мета метаболічного контролю визначаються індивідуально, після обговорення з пацієнтом, беручи до уваги його вік, інші фактори, які повинні бути реалістичними. [38]

1.8 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 підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кра-	Технічні та споживчі властивості продукту значно
5	Експлуатаційні витрати значно	Експлуатаційні витрати дещо	Експлуатаційні витрати на рівні	Експлуатаційні витрати трохи	Експлуатаційні витрати значно
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позити-	Ринок малий, але має позитивну	Середній ринок з позитивною	Великий стабільний	Великий ринок з позитивною
7	Активна конкуренція великих ком-	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 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	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються
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	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від	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, що	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних ко-	Необхідно тільки повідомлення відповідним організаціям 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	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 1.5 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 26,6 бали, що, згідно таблиці 1.5, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки середній).

1.9 Визначення економічної доцільності нової розробки

Обґрунтування доцільності проведення розробки нової конструкції пристрою для електрокоагуляції проведемо шляхом зіставлення капітальних та експлуатаційних витрат нової розробки з капітальними та експлуатаційними витратами аналогу.

1.10 Прогнозування собівартості нової розробки

Економічна доцільність доводиться шляхом співвідношення капітальних вкладень і експлуатаційних витрат аналога та нового технічного рішення. Цей метод застосовується, коли можливо розрахувати одну із прямих статей витрат.

Собівартість одиниці продукції прогнозується методом питомої ваги:

$$S = \frac{B_B \cdot K_H \cdot 100}{\Pi} \text{ (грн.)} \quad (1.1)$$

де B_B – величина однієї з статей прямих витрат (комплектуючих з урахуванням транспортних витрат), яка вибрана за основу, $B_B = 1143,00$ грн.;

Π – питома вага однієї зі статей прямих витрат (комплектуючих) в собівартості аналога, %; $\Pi = 83\%$;

K_H – коефіцієнт, який враховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки, $K_H = 1 \dots 1,2$.

Тоді повна собівартість розробки дорівнює:

$$S = \frac{1143,00 * 1,1 * 100 \%}{83 \%} = 1584,00 \text{ грн.}$$

1.11 Розрахунок величини капітальних вкладень

Визначаються капітальні вкладення на розробку пристрою. Величина капітальних вкладень може бути прогнозована за формулою:

$$K = B \cdot A \cdot S, \quad (1.2)$$

де B – коефіцієнт який враховує витрати на розробку, придбання, транспортування, монтаж, налагодження тощо нової розробки; $B = 1,2 \dots 2,1$;

A – коефіцієнт який враховує прогнозований прибуток, податок який повинен виплачувати виробник, тощо; $A = 1,5 \dots 2,3$, приймається, що $A = 2,0$;

S – собівартість виробу, грн.

В цьому випадку сума капітальних вкладень розробки дорівнює:

$$K_1 = 1,75 \cdot 12500,00 = 21875,00 \text{ грн.}$$

$$K_2 = 1,1 \cdot 2,0 \cdot 1584,00 = 3484,00 \text{ грн.}$$

1.12 Розрахунок величини експлуатаційних витрат

Знаходиться сума експлуатаційних витрат, при цьому слід зазначити, що даний виріб не має виробничого призначення, тому експлуатаційними витратами є ті, які забезпечують нормальне функціонування виробу на період експлуатації.

Величина експлуатаційних витрат в розрахунку за 1 рік може бути спрогнозована за формулою:

$$E = k \cdot A \cdot S \cdot + V_e \text{ [грн/рік]}, \quad (1.3)$$

де k – коефіцієнт, який враховує витрати на амортизацію, електроенергію, обслуговування, ремонти тощо. Рекомендується приймати значення $k = (0,2 \dots 0,7)$;

A – коефіцієнт, який враховує прогнозований прибуток, податки, які повинен виплачувати виробник тощо; $A = 1,5 \dots 2$;

S – собівартість пристрою;

V_e – витрати на електроенергію, грн.

Тоді величина експлуатаційних витрат в розрахунку за 1 рік для пристрою, що розробляється складає:

$$E_2 = 0,4 \cdot 2,0 \cdot 1584,00 \cdot + 934,00 = 2200,00 \text{ грн.}$$

Також визнається величина експлуатаційних витрат в розрахунку за один рік для відповідного аналогу :

$$E_1 = 0,4 \cdot 12500,00 \cdot + 1307,00 = 6307,00 \text{ грн.}$$

1.13 Співставлення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат споживача

Аналізуючи особливості даної розробки необхідно відмітити що серед різноманіття вказаних технічних характеристик можна виділити основний технічний показник – швидкість та легкість налаштування (прийнято в балах).

Отже, аналог та запропонована розробка мають різні значення основного технічного показника. Причому $Q_1=3$, а $Q_2=8$.

Розраховуємо питомі капітальні вкладення та питомі експлуатаційні витрати.

Так питомі капітальні вкладення складуть:

- по першому варіанту $\frac{K_1}{Q_1} = \frac{21875,00}{3} = 7291,67 \text{ грн.};$

- по другому варіанту $\frac{K_2}{Q_2} = \frac{3484,00}{8} = 435,50 \text{ грн.};$

Питомі експлуатаційні витрати складуть:

- по першому варіанту $\frac{E_1}{Q_1} = \frac{6307,00}{3} = 2102,49 \text{ грн}/(\text{рік}).;$

- по другому варіанту $\frac{E_2}{Q_2} = \frac{2200,00}{8} = 275,10 \text{ грн}/(\text{рік}).;$

співвідношення між варіантами:

- по питомих капітальних вкладеннях:

$$\frac{K_1}{Q_1} > \frac{K_2}{Q_2};$$

- по питомих експлуатаційних витратах

$$\frac{E_1}{Q_1} > \frac{E_2}{Q_2};$$

В результаті порівняння маємо абсолютну економію як на питомих капітальних вкладеннях, так і на питомих експлуатаційних витратах.

$$K_e = \frac{K_1}{Q_1} - \frac{K_2}{Q_2} = 7291,67 - 435,50 = 6856,17 \text{ грн.}$$

$$E_k = \frac{E_1}{Q_1} - \frac{E_2}{Q_2} = 2102,49 - 275,10 = 1827,39 \text{ грн.}$$

Нова розробка є високоефективною оскільки забезпечує абсолютну економію як на питомих капітальних вкладеннях так і на питомих експлуатаційних витратах.

1.14 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки

Проектування виробу розпочинається з прогнозу його конкурентоспроможності. Загальні правила оцінювання конкурентоспроможності продукції такі: вибір і аналіз ринку для реалізації товару; вивчення конкурентів з виробництва і реалізації аналогічного товару; вибір та обґрунтування найбільш конкурентоспроможного товару-аналога як бази порівняння; визначення необхідних груп параметрів, що підлягають оцінюванню; установлення набору одиничних показників за відповідними групами параметрів; вибір методик розрахунку, визначення та аналіз зведених показників за товарними групами; розрахунок інтегрального показника конкурентоспроможності товару, що проектується; розроблення заходів з підвищення конкурентоспроможності продукції та її оптимізація з урахуванням витрат [2].

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 1.6.

Одиничний параметричний індекс розраховується за формулою [1]:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{\text{базі}}} . \quad (1.4)$$

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

P_i – значення i -го параметра виробу;

$P_{\text{базі}}$ – 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 [2]:

$$I_{\text{нп}} = \prod_{i=1}^n q_i , \quad (1.5)$$

де $I_{\text{нп}}$ – 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 розроблений пристрій відповідає вимогам ДСТУ, тому $I_{\text{нп}} = 1$.

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначається з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [2]:

$$I_{\text{тп}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i , \quad (1.6)$$

де $I_{\text{ТП}}$ – 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 1.7.

Таблиця 1.7 – Порівняння основних параметрів пристрою що проектується та аналога

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога	Питома вага параметра
Напруга живлення	В	220	220	1	0,1
Кількість виконуваних функцій	шт.	3	5	1,67	0,35
Маса	кг	5	3,6	1,39	0,25
Термін безвідмовної роботи	год.	10000	10000	1	0,3
Капітальні вкладення	Грн.	21875,00	3484,00	0,16	0,4
Експлуатаційні витрати	Грн.	6307,00	2200,00	0,35	0,6

$$I_{\text{ТП}} = 1,00 * 0,1 + 1,67 * 0,35 + 1,39 * 0,25 + 1,0 * 0,3 = 1,33$$

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховується за формулою [Кавецький 2016]:

$$I_{\text{ЕП}} = \sum_{i=1}^m q_i \cdot \beta_i, \quad (1.7)$$

де $I_{\text{ЕП}}$ – 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 .

$$I_{EP} = 0,16 * 0,4 + 0,35 * 0,6 = 0,27.$$

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

$$K_{INT} = I_{HP} \cdot \frac{I_{TP}}{I_{EP}}, \quad (1.8)$$

$$K_{INT} = 1 * 1,33 / 0,27 = 4,93.$$

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

Висновки до розділу

Проаналізувавши усі переваги та недоліки розроблюваного приладу та його аналога, можна зробити висновок:

- новий вдосконалений пристрій має достатньо високі характеристики як в плані технічних, так і експлуатаційних параметрів;
- простота в експлуатації, безпека в користуванні та малі габарити надають можливість широко використовувати даний прилад;
- низька собівартість, порівняно з аналогічними приладами;
- висока надійність.

Отже, з вище перерахованих міркувань слідує, що розробка даного приладу є доцільною та швидко віднайде споживача завдяки сприятливій ціні та високим технічним та експлуатаційним показникам.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ЦУКРУ В КРОВІ

2.1 Методи вимірювання рівня цукру в крові

Відомо, що регулювання концентрації глюкози в крові (КГК) є одним з життєво важливих процесів саморегулювання людського організму. У нормі КГК підтримується в межах від 60 до 100 мг% (від 3,3 до 5,5 ммоль/л). У цих межах забезпечується оптимальна життєдіяльність клітин і органів, особливо нервових клітин і мозку людини. Глюкоза є для клітин джерелом життєвої енергії й вихідним матеріалом для багатьох біохімічних синтезів. Зараз у світі налічується до 200 млн. людей хворих на діабет. Ця хвороба на сьогодні, на жаль, вважається невиліковною й супроводжує людину все життя. Щоб уникнути важких ускладнень хворим на діабет, люди змушені дотримуватися спеціального режиму життя й харчування й періодично брати проби своєї крові "на цукор". Тому ще в 70-х рр. ХХ в., коли стало ясно, що діабет є масовим захворюванням, почалися інтенсивні розробки неінвазивних методів виміру КГК для того, щоб позбавити людей від необхідності частого травмування тіла. Проте, завдання виявилось важким для розв'язання.

Для визначення глікемії хворі можуть використовувати тест-смужки як візуально (шляхом порівняння зі шкалою-еталоном, наприклад Глюкохром Д, Betachek), так і вставити їх в портативні прилади - глюкометри. Існують глюкометри двох типів. Перші відносяться до фотометричних приладів - Glucotrend, Reflolux, One Touch, Betachek, Diascan, Глюкохром М, Accutrend, Accu-Check Easy, CheckMate, Supreme. Вони, так само як людське око, визначають зміну забарвлення тест-зони, що виникає в результаті реакції глюкози крові з ферментом глюкозооксидазою і спеціальними барвниками. В інших глюкометрах - Glucometer Elite, ExacTech, Glucocard II, Сателіт - використовується електрохімічний метод, заснований на вимірюванні струму, що з'являється при тій же реакції глюкози крові з глюкозооксидазою. Необхідний для аналізу час займає від 12 секунд до 2 хвилин. В окремий метод вимірювання можна віднести визначення рівня цукру в крові за допомогою неінвазивних

глюкометрів, робота яких заснована на спектрофотометричному методі. Даний метод передбачає вимірювання цукру за допомогою інфрачервоного світла, без безпосереднього контакту із кров'ю людини.

Перші хімічні тести були занадто неспецифічними, адже вимірювали не лише глюкозу, а й інші цукри та вимагали нанесення дуже великої краплі крові. На сьогоднішній день вимірювання стали більш специфічними і менше залежними від впливу інших цукрів. На даний момент використовуються три фермента для виміру глікемії:

- глюкозооксидаза
- гексокиназа
- глюкозодегідрогеназа. [5]

2.2 Визначення рівня цукру в крові

Самоконтроль в широкому значенні слова - це облік хворими цукровим діабетом, що пройшли навчання, суб'єктивних відчуттів, рівня цукру в крові, цукру в сечі і інших показників, а також режиму харчування і фізичної активності з метою ухвалення самостійних рішень. Правильніше використовувати термін "самоконтроль" у вузькому сенсі, лише для позначення самоконтролю обміну речовин, тобто самостійного визначення хворими рівня глюкози в крові або сечі, що і буде предметом цього розділу.

За допомогою сучасних методів експрес-аналізу хворі самостійно можуть оцінити найважливіші параметри обміну речовин з точністю, близькою до лабораторної. Оскільки ці показники визначаються в повсякденних, звичних хворому умовах, вони мають велику цінність для корекції лікування, ніж глікемічні і глюкозуричні профілі, досліджені у стаціонарі або поліклініці.

Можна виділити декілька цілей самоконтролю : уникнути ускладнень діабету, як гострих (діабетична кома), так і хронічних (з боку багатьох органів); мати нормальне самопочуття; якщо це дитина - нормальний фізичний розвиток і ріст; бути повноцінним членом суспільства.

Сенс самоконтролю - не лише в періодичній перевірці рівня цукру крові, але і в правильній оцінці результатів, в плануванні певних дій, якщо цілі за показниками цукру не досягнуті.

При діабеті вміст цукру в крові має бути близький до нормальних показників. Це є основною умовою профілактики і лікування діабетичних ускладнень. Досягти цього не так просто.

На першому етапі вважатиметься добрим результатом, якщо досягти того, щоб перед вживанням їжі цукор крові не перевищував 8 ммоль/л, а впродовж дня (у тому числі і після їжі) 10 ммоль/л. Надалі можна спробувати наблизитися до показників, які характерні для здорової людини, тобто не вище 8 ммоль після їди. Але більшість хворих не здатна відчувати перепади рівня цукру від 4 до 13 ммоль/л. Крім того, тривало декомпенсовані (цукри крові, що живуть на високому рівні) хворі адаптуються до високого цукру і почувають себе задовільно, а зниження його до норми сприймають на перших етапах лікування як гіпоглікемію.

Отже, покладатися на свої відчуття при спробах досягнення нормальних цифр цукру крові не можна.

На жаль, хороше самопочуття хворого може не відповідати хорошій компенсації діабету. Саме тому так важливо постійно вимірювати рівень цукру.

Визначення рівня цукру крові один раз в два тижні - місяць і тільки натще (за зразком, прийнятому в поліклініці) є абсолютно неприйнятним. Навіть, якщо показники укладаються в задовільні межі, такий самоконтроль ніяк не можна назвати достатнім: визначення занадто рідкісні, до того ж повністю випадає інформація про рівень цукру крові впродовж дня! При цукровому діабеті 1 типу проводити вимір цукру в крові (чи як ми вже сказали, в крайньому випадку, в сечі) необхідно щодня: як мінімум перед основною їдою (чи перед кожною ін'єкцією, що у багатьох випадках співпадає), також на ніч. Таким чином, мінімальне число вимірів - 3 - 4 рази на добу.

Після того, як досягнута мета нормалізації рівня цукру крові перед їдою, доцільно періодично вимірювати його через 1,5 - 2 години після їди. Рівень цукру крові вимірюють для того, щоб оцінити дію попередньої ін'єкції інсуліну і

вирішити, якою має бути наступна доза. Також періодично необхідно вимірювати цукор крові в нічний час, щоб не пропустити гіпоглікемію. Частіший самоконтроль може знадобитися в певних обставинах: супутнє захворювання, заняття спортом, подорожі і так далі.

Для визначення цукру крові хворі можуть оцінювати показання тест-полосок як візуально (очима, шляхом порівняння з шкалою-еталоном), так і вставляючи їх в портативні прилади - глюкометри. При придбанні тест-полосок завжди слід звертати увагу на термін придатності смужок.

Візуальна оцінка. Нині є декілька видів візуальних тест-полосок, наприклад, Глюкохром д, Betachek. Проколовши палець і тримаючи його проколом вниз, треба сформувати досить велику краплю крові. Не доторкуючись шкірою до смужки, нанесіть краплю на тест-зону. Ні в якому разі не потрібно розмазувати або докопувати краплю. Важливо, щоб крапля крові захоплювала обидві половинки тест-поля. Точно через вказаний в інструкції час (тобто знадобиться годинник з секундною стрілкою) кров стирають (зазвичай ватою). Після певного часу при хорошому освітленні порівнюють забарвлення тест-зони, що змінилося, з шкалою, нанесеною на коробці зі смужками.

Нерідко вважають, що візуальний метод самоконтролю менш точний і надійний, ніж за допомогою приладів. Психологічно це цілком зрозуміло: цифра на дисплеї приладу, наприклад, 8,6 ммоль/л, вселяє більше довіри, чим власний розсуд за шкалою ("між 7 і 9 ммоль/л, ближче до 9"). Проте ця різниця точності оманлива: по-перше, вона не має практичного значення (несуттєва для наступної корекції дози інсуліну), а по-друге - відмінність ця лише здається. При використанні приладів допустиме відхилення від точного значення складає до 10-15%, тобто цифра 8,6 на одному приладі може виявитися 9,4 - на іншому або 7,8 - на третьому. Усе це порівнянню з точністю, що отримується навченим хворим з нормальним зором при використанні візуальних смужок.

Оскільки при вибиранні засобу самоконтролю важливим чинником є фінансові можливості хворого, то великою перевагою візуальних тест-полосок буде їх відносна дешевизна. Тим більше, якщо візуальну тест-смужку розрізати

уподовж ножицями навпіл (чого не можна робити при користуванні приладом), витрати на засоби самоконтролю знижуються ще в 2 рази. [4]

2.3 Короткий огляд поколінь глюкометрів

2.3.1 Використання тест – смужок

Той факт, що кількість уживаних у їжу вуглеводів впливає на стан здоров'я діабетиків, був установлений досить давно. Однак довгий час перевірити рівень цукру можна було тільки в сечі. Для цього застосовувався так званий реактив Бенедикта, що представляв собою суміш сульфату міді, лимонної кислоти й карбоната натрія. Зміст глюкози визначалося по інтенсивності фарбування розчину в блакитний колір, що відбувався в результаті специфічної хімічної реакції, а також по кількості осаду, що випадав при цьому.

Зрозуміло, що використання подібної технології могло дати лише досить приблизні результати, точно інтерпретувати які було під силу тільки фахівцям. Тому дослідження в даній області тривали, і в 1956 голу з'явилися перші тест-смужки із сухим реактивом. Однак дійсний прорив відбувся лише через тридцять років, коли в серію були запущені біосенсори, що вимірювали рівень цукру в крові.

Дані прилади містили в собі портативний аналізатор і особливий перетворювач, які спільно реєстрували електричний сигнал, що виникає при біохімічній реакції. У тест-смужках почали застосовуватися особливі ферменти, істотно прискорювальний процес окислювання глюкози. Завдяки цим нововведенням значно зросла зручність використання глюкометрів у домашніх умовах. Однак їхній істотний недолік полягав у тім, що після кожного виміру доводилося видаляти кров з тест-смужки. [29]

2.3.2 Прилади другого покоління

Згодом з'явилися прилади другого покоління, які дозволяли брати аналізи не тільки з пальця, але й з будь-якої іншої частини тіла. Немаловажним їхнім

достоїнством є та обставина, що обсяг крові, необхідний для одержання достовірних результатів, у даних приладах зменшився в багато разів (з 50 до 2 мкл). При цьому забір матеріалу почав вироблятися автоматично шляхом його усмоктування в потрібному обсязі прямо з капіляра. Завдяки цьому відпадала необхідність контролю над даним процесом з боку людини, що вимірює.

Не дивно, що на сьогоднішній день описаний тип глюкометрів є найбільш популярним і розповсюдженим. Донедавна багатьом навіть здавалося, що перевершити їх буде практично неможливо. [29]

2.3.3 Глюкометри третього покоління – неінвазивні

Однак технічний прогрес не стоїть на місці, і от уже виробники глюкометрів випустили на ринок апарати третього покоління. Їхня основна відмінність від попередників полягає в тім, що тепер вимір рівня цукру в крові відбувається не періодично, а постійно.

Даний ефект може досягатися різними способами: наприклад, під шкірою пацієнта може перебувати тоненька голка, за допомогою якої й виробляються всі необхідні виміри з певною періодичністю. Ту ж саму функцію здатний з успіхом виконувати й особливий датчик-імплантант.

Проте який би спосіб не застосовувався для виміру рівня цукру в крові, результат залишається тим самим: регулярно одержуються дані про стан організму в динаміці, що дозволяє побудувати більш повну й об'єктивну картину змін, що відбуваються в ньому.

На вид глюкометр третього покоління нагадує більше годинники, закріплені на зап'ястя, однак може носитися й на поясі. Крім монітора, на який виводиться графік, що відбиває рівень цукру в крові, на корпусі є ще кілька кнопок. Вони дозволяють вносити до приладу деякі важливі моменти: час прийому їжі або ліків, рівень фізичного навантаження тощо.

Але поряд з очевидними перевагами глюкометри третього покоління мають і ряд істотних недоліків. У першу чергу до них можна віднести високу вартість видаткових матеріалів. Для того, щоб правильно відкалібрувати деякі прилади, у

них потрібно спочатку ввести виміри, зроблені звичайним глюкометром. Саме вони будуть прийняті за еталонний показник.

На сьогоднішній день не тільки дизайн, але принцип роботи глюкометрів третього покоління продовжують удосконалюватися. Так що є надія на те, що наявні недоліки будуть виправлені, а самі прилади стануть більше доступними для рядових споживачів, у тому числі й в Україні.

Для того, щоб придбати глюкометр, уже давно немає необхідності здійснювати таку купівлю за кордоном, як це було раніше. У цей час український ринок індивідуальних приладів для дослідження концентрації глюкози в крові повністю сформувався.

В 80-90 роки ХХ в. найбільші надії покладали саме на спектрофотометричні методи. Із самого початку було ясно, що видима область спектра не підходить для цих вимірів, оскільки глюкоза тут прозора, тобто практично не поглинає світло. Тому зусилля були спрямовані на створення неінвазивного спектрофотометричного глюкометра в інфрачервоній (ІЧ) області спектра. Головною перешкодою в цій області виявилася завжди присутня в біологічній тканині у великій кількості вода, що сильно поглинає інфрачервоне світло. Проте, вона має тут (Рисунок 3.1) кілька спектральних "вікон прозорості" у діапазонах довжин хвилі до 1,35 мкм, від 1,55 до 1,85 мкм і від 2,1 до 2,3 мкм.

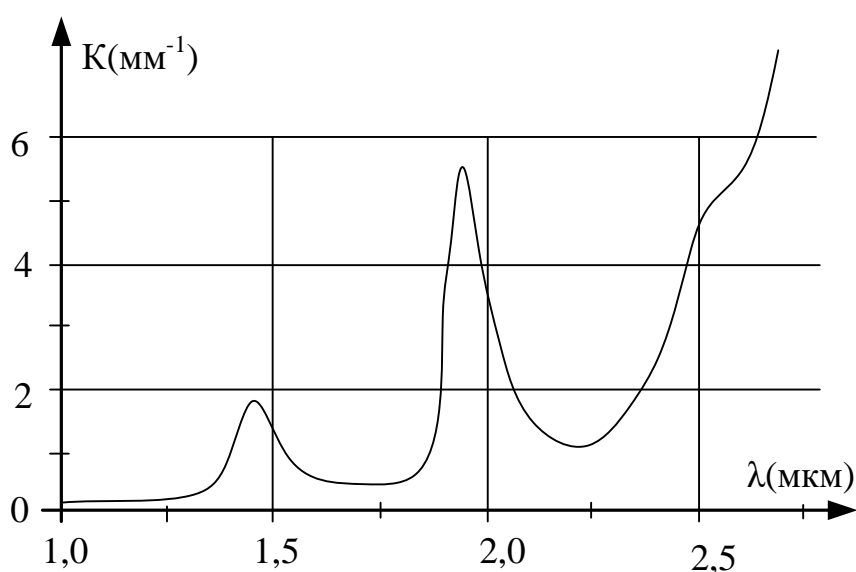


Рисунок 2.1 - Спектр поглинання води в ближній інфрачервоній області спектра

При довжині хвилі $\lambda > 2,8 \mu\text{м}$ коефіцієнт поглинання води перевищує вже 6 мм^{-1} , тобто на кожному міліметрі шляху тільки за рахунок поглинання молекулами води таке ІЧ світло послабляється в $e^6 \approx 400$ раз

Одними з перших на розробку промислового неінвазивного спектрофотометричного глюкометра наважилися R. Rosenthal і його фірма Futrex Inc. (США). Для вимірів вони просвічували світлом з безперервним спектром палець руки. Світло, що пройшло крізь палець, розкладалося в спектр, і вимірялися спектральні інтенсивності цього світла на декількох довжинах хвилі. У БІЧ області до $1,8 \mu\text{м}$ були відібрані спектральні інтервали, характерні для поглинання світла глюкозою й для поглинання іншими, "фоновими" речовинами тіла (вода, жири, гемоглобін і інші білки).

Для розрахунку концентрації глюкози застосовувалися методики багато хвилевої спектрофотометрії, щоб можна було виділити внесок і визначити відносно невелику концентрацію саме глюкози. Розроблювачам удалося вловлювати й вимірювати малі концентрації глюкози на рівні $100 \text{ мг}\%$ у кюветах з каліброваними розчинами глюкози й фонових речовин. Був створений і випущений у багатьох екземплярах для випробувань експериментальний зразок неінвазивного ІЧ глюкометра.

Однак при випробуваннях на реальних об'єктах - пальцях людини - усе виявилось набагато гірше. Розроблювачі не врахували те, що кров у тканинах пальця займає лише $1-5\%$ обсягу, тобто середня концентрація глюкози в тканині пальця становить не $100 \text{ мг}\%$, як у крові, а в $20-100$ разів менше. Кількість молекул глюкози на шляху світла в людському тілі майже на 4 порядки менше, ніж кількість молекул води, і на 2 порядки менше, ніж кількість молекул гемоглобіну. Ця обставина, а також нерозуміння розроблювачами проблеми коректного перерахування вимірюваної концентрації глюкози в тканинах на КІЧ перешкодили доведенню розробки неінвазивного глюкометра до промислових зразків.

J.T. Olesberg з університету штату Айова разом зі своїми співробітниками сподівався досягти успіху, працюючи в третім "вікні прозорості" води, тобто в

діапазоні довжин хвилі від 2 до 2,5 мкм, де є три характерних піки поглинання глюкози, показаних на рисунку 3.2. Уздовж горизонталі тут відкладена довжина хвилі в мкм, а по вертикалі - різниця оптичних густин 1 мм шару розчину глюкози й чистої води $\Delta D = D - D_{\text{вод}}$.

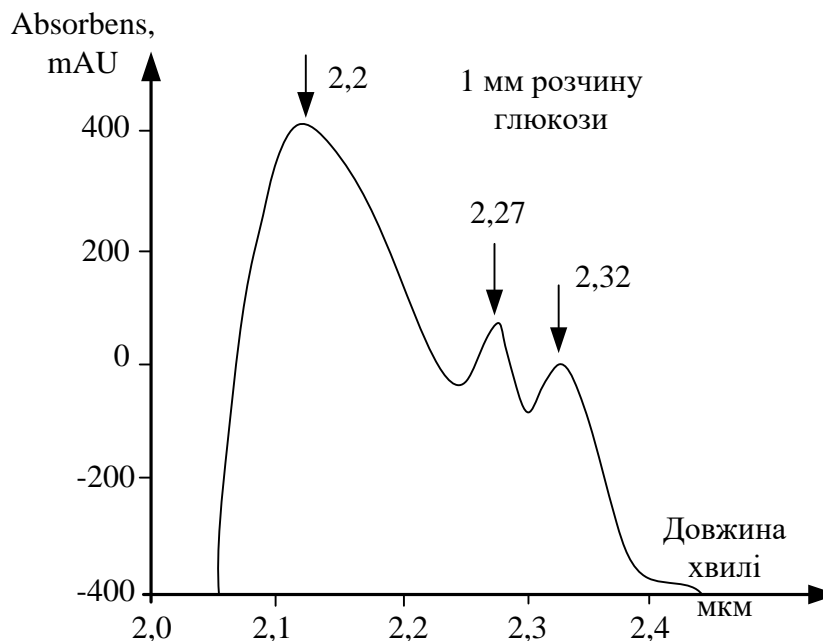


Рисунок 2.2 - Спектр поглинання 5-мілімолярного розчину глюкози у воді

1AU (Absorbance Unity) – це оптична щільність такого шару, при якій десятковий логарифм пропусення $\lg T = -1$, тобто світло послаблюється таким шаром в 10 разів. Одиниця $1\mu AU = 10^{-6} AU$. При тих довжинах хвилі, при яких розчин глюкози поглинає світло сильніше, ніж вода, $\Delta D > 0$. А там, де поглинання розчину глюкози слабше, ніж поглинання чистої води - $\Delta D < 0$.

На рисунку 3.2 стрілками зазначені 3 максимуми поглинання. У найбільшому з них (на довжині хвилі 2,12 мкм) $\Delta D = 400\mu AU = 4 \cdot 10^{-4} AU$. Пропусення 1 мм шару 5-мілімолярного розчину глюкози приблизно лише на 0,1 % більше пропусення чистої води. І все-таки, використовуючи спеціальні алгоритми (partial least squares regression) для виділення внеску в ці спектри саме глюкози, розроблювачам удалося вимірювати концентрацію глюкози в модельних розчинах глюкози з різними фоновими речовинами. Хоча вода в цьому вікні прозорості вже досить сильно поглинає (шар води товщиною 1 мм послаблює світло в 40-50 разів), розроблювачі переборолі цю перешкоду, використовуючи

новітній ІЧ напівпровідниковий лазер, розроблений в Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik, здатний змінювати довжину хвилі випромінювання. Вивчення публікацій розроблювачів показало, що й вони недостатньо розуміли різницю між концентрацією глюкози в крові людини й вимірюваної спектрофотометричним методом середньою концентрацією глюкози в ділянці тіла, що просвічується світлом. Поки що ніяких повідомлень розроблювачів про випробування створеного сенсора на реальних об'єктах, на жаль, немає.

Фірма Infratec Inc. (Wilton, Connecticut, США) розробляє спектрофотометричний сенсор глюкози, у якому для вимірів використовується не зовнішнє світло, а власне інфрачервоне теплове випромінювання самих біологічних тканин. В області довжин хвилі від 8 до 14 мкм (середня ІЧ область спектра) були виявлені характерні смуги теплового випромінювання глюкози при 9,6 мкм і 10,9 мкм. Використовуючи методи й досягнення термоемісійної спектрофотометрії і можливості мікромініатюризації, розроблювачам удалося вмістити чутливу частину приладу в габарити крихітної капсули. Її вставляють пацієнтові в слуховий канал вуха й вимірюють теплове випромінювання на зазначених довжинах хвилі від барабанної перетинки, що давно вважається однією з найбільш термостабільних частин людського тіла. Повідомлено, що попередні медичні випробування показали можливість вимірювати КГК у діапазоні від 30 до 300 мг % з відносною похибкою приблизно у 12 %. [29]

2.4 Оцінка основних критеріїв при виборі глюкометра

Одноразові тест-смужки — це основний видатковий матеріал. Середня ціна одного впакування з 50 шт. коштує 65-140 грн. Важливо відразу розрахувати ці витрати, ураховуйте їх, виходячи з необхідності 3-х вимірів у день. В остаточному підсумку це визначить вибір самого глюкометра. Прийнятні ціни пропонують вітчизняні виробники, однак їхні похибки, на жаль, великі. Така ж проблема може виникнути й з дорогим імпортом глюкометром, якщо не буде можливості придбати до нього підходящі смужки: як правило, тест-смужки для одного конкретного глюкометра неможливо замінити іншими.

Особливість роботи глюкометра й точність виміру полягає в наступному. Всі глюкометри мають деякі похибки у вимірах. Найбільш точні – це імпортовані глюкометри, виготовлені провідними виробниками, однак, і на їхню точність можуть вплинути умови неправильного зберігання тест-смужок. Крім цього, використання приладу при неприпустимих температурах і підвищеній вологості повітря теж може згодом спричинити похибки. Необхідно дотримувати правильної техніки забору крові.

Глюкометри можуть бути різними. Вони відрізняються як по обсягу забору необхідної для аналізу крові, так і по швидкості одержання результату. Цей факт важливий для пацієнтів, яким потрібна можливість визначати результат за 5 секунд, використавши малу краплю крові, що ведуть активний спосіб життя. Деякі глюкометри оснащені функцією пам'яті, однак людям похилого віку зайві функції тільки ускладнюють користування приладом. Також необхідно звертати увагу на одиниці виміру рівня цукру, вони можуть бути в ммоль/л або в мг/л.

Габарити й компактність набору мають особливе значення для людей, що ведуть активний спосіб життя, яким необхідно носити прилад із собою. Ці характеристики мають особливе значення для активних або працюючих людей, які змушені носити його із собою.

Використовуючи глюкометри, необхідно дотримувати ряду правил. Найбільш важливим з них є дотримання стерильності при узятті крові. Позбавлені цілісності шкірні покриви можуть стати вхідними воротами для інфекції. Тому необхідно ретельно мити руки перед забором крові й тримати в чистоті пристрій для проколювання пальця, а також самі ланцети, що проколюють шкіру.

При купівлі індивідуального глюкометра рекомендується звертати увагу на наступне:

1. Безперебійна поставка тест-смужок для глюкометра від фірми-продавця.
2. Час виміру (у сучасних приладах не повинен перевищувати 60 сек).
3. Розмір глюкометра (якщо плануються часті ділові поїздки або подорожі, необхідний глюкометр із малою вагою - 50 г і розмірами).

4. Розмір дисплея (як правило, людям старшого віку рекомендується великий дисплей).
5. Кількість кнопок керування (якнайменше або зовсім без них).
6. При фотометричному принципі визначення обов'язкова присутність шкали для візуальної оцінки.
7. При нанесенні зразка на тест-смужку остання не повинна протиратися ватою або папером тому що це свідчить про те, що модель застаріла.
8. Реєстрація приладу в Міністерстві охорони здоров'я України. [33]

2.5. Дослідження роботи глюкометра на основі електрохімічного методу

Аналогом глюкометра, що працює на основі електрохімічного методу, є глюкометр «OneTouch». Це найбільш поширений глюкометр, якому довіряють лікарі й пацієнти в усьому світі. Молоде покоління цінує його сучасний дизайн і компактність, а люди старшого віку зручність і легкість у використанні.

OneTouch - прилад для людей будь-якого віку, які регулярно проводять самоконтроль і прагнуть управляти своїм захворюванням.

Даний глюкометр вимагає всього лише один мікролітр крові для проведення точного аналізу. Це дійсно сучасний і надійний прилад, що має безстрокову гарантію виробника. Ви будете знати результат аналізу вже через 5 секунд. Прилад має пам'ять на 150 вимірів і може розраховувати середнє значення за 14 або 30 днів, можливість працювати з результатами вимірів у спеціальній програмі на комп'ютері. Знайти дану програму ви без праці зможете на сайті виробника.

Прилад вимірює цукор крові по плазмі, відповідно показники глікемії вище приблизно на 1,2 ммоль/л у порівнянні з показниками цукру крові в капілярній крові.

Досить лише піднести прилад з новою капілярною тест-смужкою OneToucht до краплі, і тест-смужка сама втягне необхідний для аналізу обсяг крові. Зміна кольору контрольного поля тест-смужки підтвердить, що обсяг крові достатній для одержання точного результату OneToucht Ultra калібрований по

плазмі крові відповідно до останніх рекомендацій міжнародних діабетичних організацій і провідних російських спеціалістів. Результат аналізу з використанням OneTouch по точності зіставимо з результатом, отриманим у лабораторії з найсучаснішим і точним устаткуванням.

Переваги такого глюкометра:

- тест-смужка не потребує протирання краплі крові;
- отримані результати можна відмічати відповідними назвами («зранку, після обіду, ввечері»);
- при першому включенні приладу на екрані з'являється середнє значення результатів за 14 днів;
- під'єднання кабелю дозволяє передавати інформацію, що зберігається в пам'яті приладу, на комп'ютер для подвільшої обробки за допомогою спеціальної програми;

Недоліки:

- необхідно промивати утримувач тест-смужки від крові;
- необхідно протирати оптичну зону тесту від крові;
- нанесення недостатнього об'єму крові є помилкою в проведенні дослідження. [36]

2.6 Дослідження роботи неінвазивного глюкометра

Принцип дії оклюзійного спектрофотометричного неінвазивного глюкометра показано на рисунку 2.1.

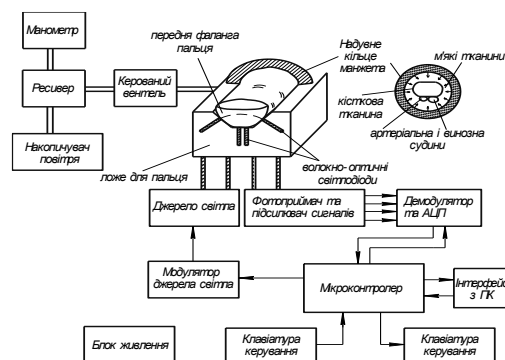


Рисунок 2.1 - Функціональна схема оклюзійного спектрофотометричного неінвазивного глюкометра

Перед вимірами за допомогою компресора (це може бути й звичайна гумова "груша") у ресивер нагнітається повітря до досягнення заданого тиску (наприклад, 50-60 мм рт. ст.), що контролюється манометром. Триходовий клапан спочатку пневматично з'єднує надувне еластичне кільце-манжету з атмосферою, і на першому етапі вимірів додаткового тиску в ній немає.

Після натискання кнопки "Пуск" на клавіатурі мікропроцесор через схему керування світлодіодами включає джерело світла з довжиною хвилі λ_G , характерної для поглинання глюкозою, і по заздальгідь заданій програмі модулює його інтенсивність, одночасно управляючи синхронною демодуляцією відповідного світлового сигналу у вузлі. Модульоване світло через волоконно-оптичний світловод надходить до пучку пальця і входить перпендикулярно до його поверхні в м'які тканини пальця у вигляді гостро спрямованого світлового зонда. Частина світла від цього зонда, розсіюючись поблизу найбільш імовірної траєкторії, умовно зображеної на малюнку штриховою лінією, проходить крізь тканини пальця й попадає в прийомний світловод. Уздовж відповідного оптичного волокна виділений світловий сигнал передається до фотоприймача, перетворюється в електричний сигнал, підсилюється, демодулюється й у вузлі перетворюється у двійковий код обмірюваної спектральної інтенсивності. У мікропроцесорі цей двійковий код ($N_G^{(1)}$) запам'ятовується.

Далі мікропроцесор через схему керування виключає перший і включає друге джерело світла з довжиною хвилі λ_H , характерної для поглинання гемоглобіном. Модульоване світло від цього другого джерела через волоконно-оптичний світловод передається до пальця. І, аналогічно описаному вище, здійснюється вимір другої спектральної інтенсивності й запам'ятовується її двійковий код $NH^{(1)}$.

Після цього по сигналі від мікропроцесора клапан перекидає вихід кільця-манжети в атмосферу й приєднує його до ресивера. Оскільки обсяг ресивера в багато десятків разів більше внутрішнього обсягу кільця-манжети, то тиск у манжеті швидко зростає до заданого рівня. Воно, у свою чергу, створює такий же тиск на тканині пальця. Через м'яку тканину пальця тиск передається на кісткові

тканини і на артеріальні і венозні кровоносні судини. Тиск у ресивері обрано так, щоб тиск в артеріальних судинах залишався вище, ніж тиск ззовні. Завдяки цьому, кров продовжує надходити в палець. А тиск усередині венозних судин виявляється нижче тиску ззовні, тому вени перекриваються, і відтік крові з пальця припиняється. Кінцева фаланга пальця додатково наповнюється кров'ю доти, поки тиск усередині вен не зрівняється із зовнішнім тиском манжети. [34]

Для спостереження за кровонаповненням пальця мікропроцесор організовує періодичний вимір спектральної інтенсивності на довжині хвилі λ_H . Коли значення цієї спектральної інтенсивності стабілізується (це означає стабілізацію після досягнення нового рівня кровонаповнення), мікропроцесор запам'ятовує відповідний код $N_H(2)$. Потім проводиться вимір спектральної інтенсивності на довжині хвилі λ_G при новому рівні кровонаповнення й запам'ятовується відповідне значення $N_G^{(2)}$. Після закінчення вимірів мікропроцесор подає сигнал на керований вентиль, що перекриває вихід кільця-манжети до ресивера і відкриває вихід в атмосферу. Тиск у манжеті знижується й зрівнюється з атмосферним. Тепер пацієнт може вільно вийняти палець із вимірювального пальцевого ложа. Мікропроцесор розраховує концентрацію глюкози в крові пацієнта й висвітлює отримане значення на дисплеї. [1]

2.7 Дослідження роботи глюкометра на основі фотометричного методу

На сьогоднішній день існує велика кількість глюкометрів, в принципі роботи яких закладено фотометричний метод вимірювання цукру. Як аналог в даному розділі розглядається глюкометр вітчизняного виробника, єдиний глюкометр українського виробництва, ВВП «Норма» – «Глюкофот».

Багато хто із сучасних лікарів у своїй роботі використовують апарат «Глюкофот-П». Результати вимірювання на цьому приладі отримуються через 1 хвилину. Така зручність дозволяє оцінювати стан пацієнта та давати необхідні рекомендації йому, не посилаючи до лабораторії для контролю глікемії. Безперечною перевагою використання саме цього апарату є доступність тест-

смужок для контролю і їх дешевість. ВВП "Норма" здійснює сервісне обслуговування своєї продукції, і завжди можна перевірити апарат та тест-смужки при виникненні сумніву у результаті обстеження. Простота експлуатації «Глюкофоту», його невеликий розмір, тривалість заряду акумулятора, можливість підзаряджати його від електричної мережі, а не купувати нові елементи, дозволяє хворому самостійно з необхідною періодичністю проводити визначення рівня глюкози в плазмі крові.

На рисунку 2.2 зображено схему типового фотометра, який застосовується у глюкометрах на основі фотометричного методу.

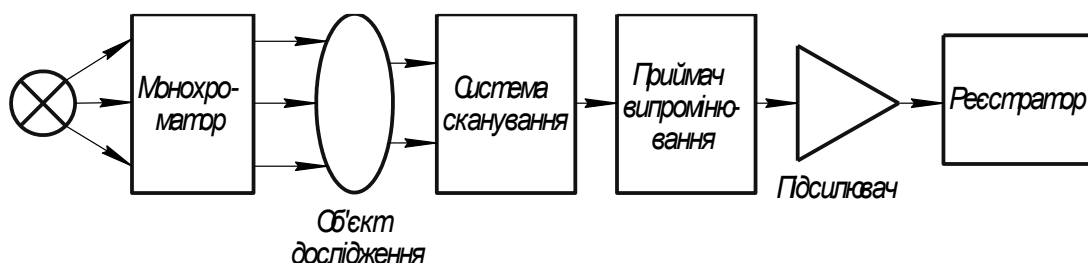


Рисунок 2.2 – Структура фотометра

Пропонується використання вітчизняного комплексу «Глюкофот-II» - «Гемоглан» виробництва ПВП «Норма» для визначення цукру крові з метою індивідуального контролю хворих на цукровий діабет (ЦД) та впровадження в практику роботи клінічних лабораторій обласних (міських, районних) лікарень (ендокринологічні, терапевтичні, кардіологічні стаціонари, поліклініки), сімейних лікарів.

Численні довгострокові спостереження діабетологів свідчать про те, що організована належним чином система навчання хворих на ЦД забезпечує компенсацію захворювання, зменшення частоти гострих ускладнень, скорочення термінів госпіталізації й тимчасової непрацездатності, зменшення частоти й тяжкості хронічних ускладнень. Запорукою доброго самопочуття, збереження працездатності та попередження ускладнень є підтримання рівня глюкози в крові, близького до норми, що може досягатися за допомогою щоденного його визначення у хворих на ЦД. Щоденний контроль та самоконтроль визначає, що

треба здійснити для досягнення ліпшої компенсації ЦД, дозволяє хворому самостійно вирішувати багато обумовлених хворобою проблем, які виникають у повсякденному житті. Ефективним засобом самоконтролю є використання глюкометрів.

В Україні створено досить дешеву систему для визначення рівня глюкози в крові - тестер медичний «Глюкофот-П» з тест-смужками «Гемоглан». Вказана система призначена для роботи при проведенні експрес-аналізу свіжої цільної капілярної крові на вміст глюкози з індикацією на цифровому табло результатів тестування в одиницях молярної концентрації глюкози в крові. Систему «Глюкофот-П-Гемоглан» виробництва ПВП «Норма» можна успішно використовувати для визначення рівня глюкози в крові.

При роботі з тестором необхідно строго дотримуватися інструкції, що подається в паспорті до приладу. Індикаторні смужки «Гемоглан» треба зберігати в упаковці в холодильнику, здійснювати установку приладу у відповідності з номерами, що відповідають номеру аналітичної групи «Гемоглан» (6, 7, 1, 2, 3, 4 чи 5). У момент нанесення краплі цільної крові на тест-смужку треба натискати кнопку "Вимірювання", по звуковому сигналу приладу (через 30 сек) смужку слід швидко промити сильним струменем дистильованої води (при цьому зупиняється реакція взаємодії крові з реагентом індикаторної смужки) та підсушити на горизонтальній поверхні фільтрувальним папером. До закінчення часу 50 сек з початку аналізу оброблену індикаторну смужку треба вставити до тестера реактивною зоною до кнопок управління. Через 60 сек з моменту нанесення крові прилад звуковим сигналом повідомляє, що результат аналізу зареєстровано.

Недотримання вказаних правил може призвести до коливань результатів вимірювання, проте похибки, як показали дослідження, не перевищують $\pm 20\%$, як і вказано в паспорті до приладу. Слід зауважити, що проведення аналізу в приміщенні, де здійснюються аналізи сечі, також призводить до спотворення даних щодо вмісту глюкози в крові.

Застосування нової вітчизняної, малогабаритної (120x85x35 мм, маса 200 г), автоматичної системи для визначення рівня глюкози в крові, яка може

безперервно експлуатуватися протягом 4 годин, повинно поліпшити якість обстеження хворих, особливо хворих на цукровий діабет.

Схема застосування:

1. Підготувати тестер «Глюкофот-II» до роботи, як вказано в паспорті до приладу.
2. Встановити на дисплеї число, що відповідає номеру аналітичної групи тест-смужки «Гемолан».
3. Підготувати тест-смужку у відповідності з інструкцією по її застосуванню.
4. Нанести на смужку краплю свіжої крові й одночасно натиснути кнопку «Вимірювання».
5. Через 30 сек, по першому звуковому сигналу, смужку промити водою та просушити фільтрувальним папером, вмістити її в тестер.
6. Після іншого звукового сигналу, тобто через 60 сек з моменту нанесення крові на смужку зареєструється результат аналізу.
7. Перегляд результатів аналізу здійснюється за інструкцією до приладу послідовно без порушення пам'яті тестера.

Даним приладом можуть користуватися лікарі-ендокринологи, сімейні лікарі, лаборанти та хворі на цукровий діабет.

Комплекс дозволений до застосування після циклу клінічних випробувань, проведених у ендокринології й відділенні обміну речовин ім. В.П.Комиссаренко, клінічної й експериментальної хірургії ім. А.А.Шалимова, Київській міській клінічній лікарні №1 у порівнянні із широко використовуваними в практиці ВРГК комплексами "One Touch-II", "Supreme", "Диаглюк".

Проведені випробування підтвердили клінічну вірогідність даних, одержуваних за допомогою зазначеного комплексу, а також його придатність для експрес-визначення глюкози в крові хворих як в умовах клінічної лабораторії, так і при самоконтролі. [32]

2.8 Дослідження точності вимірювання глюкометрів різних методів на основі порівняння

Ефективність комплексу «Глюкофот-ІІ-Гемоглан» видна із зіставлення даних аналізу 64 зразків крові, отриманих за допомогою цього комплексу, з даними паралельного аналізу тих же зразків крові, отриманими за допомогою аналізатора «Діаглюк» (рисунок 4.2). Вірогідність і точність даних комплексу «Глюкофот-ІІ-Гемоглан» підтверджується регресійним аналізом наведеної залежності, що має лінійний вигляд $Y=A+BX$, причому нахил прямої близький до одиниці ($B=0,97$), а відрізок, що відтинається на осі абсцис, становить незначну величину ($A=0,18$). Коефіцієнт кореляції між даними, отриманими двома зазначеними комплексами, становить $R=0,982$, а стандартне відхилення $SD=1,26$. З 64 результатів, отриманих за допомогою комплексу «Глюкофот-ІІ-Гемоглан», 46 крапок (71,8% результатів) відхилилися від даних, отриманих на аналізаторі «Діаглюк», не більше, ніж на 10%, і 100% результатів - не більш, ніж на 20%, що відповідає клінічно достовірним результатам.

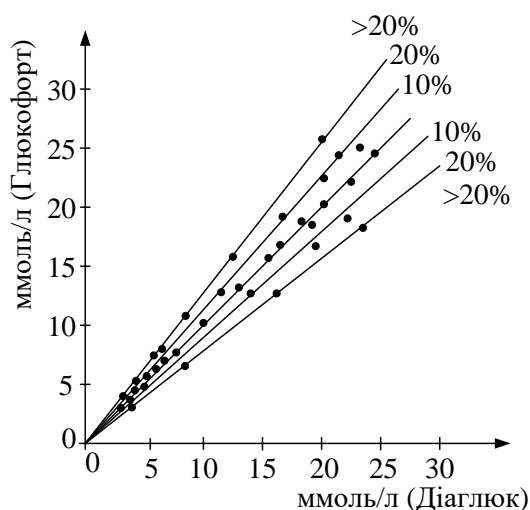


Рисунок 2.3 – Графік порівняння даних, отриманих при дослідженні глюкометра «Діаглюк» та комплексу «Глюкофот-ІІ – Гемоглан»

З рисунку 2.3 видно, що 18 крапок відхиляються більш ніж на 10%, але всі крапки лежать в області відхилення $<20\%$.

Лінійна регресія по В з вибірки даних по визначенню глюкози в крові пацієнтів приладом «Глюкофот» (Y) і референтним методом за допомогою стаціонарного приладу «Діаглюк» (X) (1996 р.)

$$Y=A+BX \quad n=64 \quad (2.1)$$

$$A=0,18328 \text{ помилка } 0,24507 \quad R=0,98199 \quad P<0,0001 \quad (2.2)$$

$$B=0,97049 \text{ помилка } 0,02371 \quad SD=1,26305 \quad (2.3)$$

Аналогічні результати були отримані при випробуваннях комплексу «Глюкофот-ІІ-Гемоглан» при використанні його як референтного методу стандартного фотометричного глюкозооксидазного методу, а також одного із закордонних аналогів - фотометра «Supreme» (рисунок 4.3). В останньому випадку коефіцієнт кореляції виявляється трохи меншим ($R=0,947$), що може бути обумовлено тим, що для обох порівнюваних методів, заснованих на використанні тест-смужок, не виключений деякий вплив індивідуальних особливостей крові (при тому, що кожний із цих приладів окремо дає достовірні результати).

Лінійна регресія по В з вибірки даних по визначенню глюкози в крові пацієнтів фотометром (Y) і референтним методом за допомогою приладу «Suprime» (X) (2000р.)

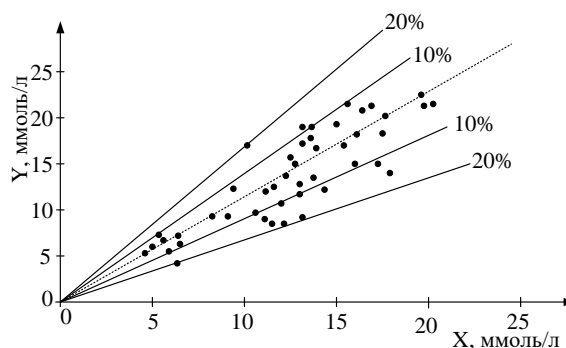


Рисунок 2.4 - Графік порівняння даних, отриманих при дослідженні глюкометра «Suprime» та комплексу «Глюкофот-ІІ – Гемоглан»

$$Y=A+BX \quad n=33 \quad (2.4)$$

$$A=-0,93483 \text{ помилка } 0,79191 \quad (2.5)$$

$$B=1,08901 \text{ помилка } 0,06607 \quad (2.6)$$

$$R=0,94741 \text{ SD}=1,82588 \text{ P}<0,0001 \quad (2.7)$$

Для порівняння приведемо результати випробувань комплексу "One Touch-II" у порівнянні зі стаціонарним аналізатором глюкози фірми Елов Спрингс Інструменті (рисунок 2.5): з 80 результатів 97,5% відхилилися від даних «ЄСІ» не більше ніж на 15% і 100% - не більше ніж на 20%. Таким чином, порівнювані комплекси близькі по своїх технічних характеристиках і забезпечують одержання клінічно достовірних результатів в 100% випадках.

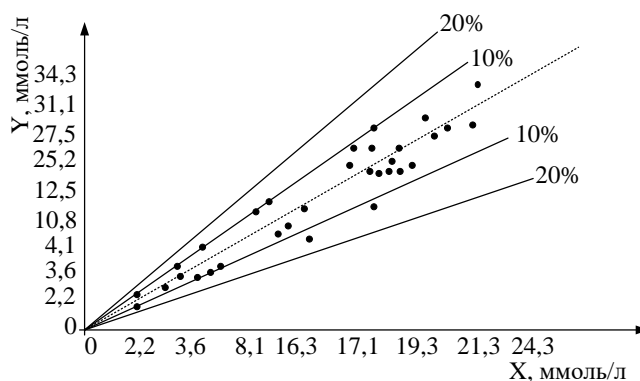


Рисунок 2.5 - Графік порівняння даних, отриманих при дослідженні глюкометрів "One Touch-II" та «Yellow Springs Instruments»

Розподіл результатів, отриманих на One Touch II, у порівнянні з «Єлов Спрингс Інструментс (ЄСІ)»

- кількість визначень=80
- нахил кривій=1,05
- перетинання з віссю абсцис 0,22
- кв. корінь відсотка помилки порівн. арифметичного=6,66
- коефіцієнт кореляції=0,998 [8]

3 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка структурної схеми

Принцип роботи системи глюкометра полягає в послідовному зніманні з фотодіодів імпульсів, їх оцифруванні та розрахунку результату з подальшим його виведенням та записом. Мікроконтролер збільшує внутрішній 16-тирозрядний лічильник імпульсів TCNT з кожним імпульсом і через кожну секунду виводить дані на індикатори (4 штуки) в двійково-десятковому коді. Це повторюється п'ять раз при цьому змінюються параметри яскравості світлодіодів, що дає змогу здійснити порівняння за певним алгоритмом та краще визначити результат аналізу. Відлік часу ведеться за допомогою внутрішнього 16-тирозрядного таймера-лічильника TCNT1.

Структура даного пристрою зображена на рисунку 3.1.

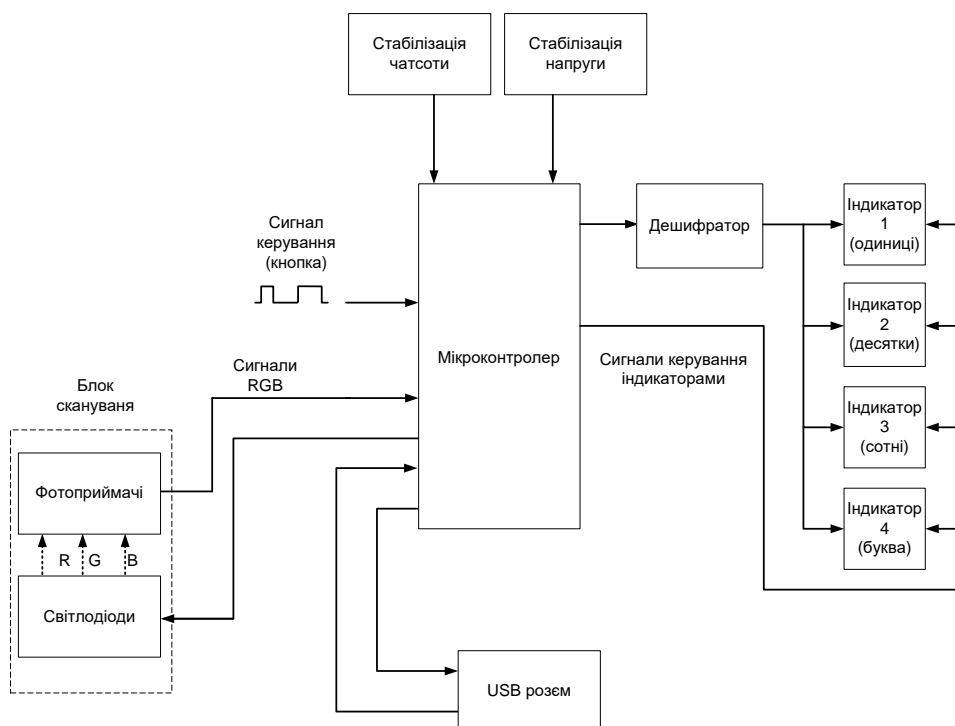


Рисунок 3.1 – Структура глюкометра

Виведення інформації на індикатори здійснюється динамічно. Дані виводяться через молодшу тетраду порту PB на дешифратор. А виходи PB4, PB5,

PB6 і PB7 порту PB є бітами керування індикаторами. Тобто в певний момент часу (при наявності сигналу низького рівня на відповідному біті) система показує значення на якомусь одному індикаторі, але при достатньо високій частоті регенерації здається, що всі індикатори світяться одночасно.

Для реалізації можливості підключення системи до компютера використовується USB інтерфейс. Що дозволяє відразу зняти всі результати та зберегти їх. Обмін здійснюється за допомогою портів RxD та TxD за допомогою програмного алгоритму. [14]

3.2 Розробка схеми електричної принципової

Головним елементом даної системи є мікроконтролер, який здійснює керування роботою всієї системи. Дана система побудована на базі однокристалльної мікроЕОМ AT90S2313 фірми Atmel.

Цей мікроконтролер має наступні можливості:

2 кБ завантажувальної флеш-пам'яті; 128 байт пам'яті даних; 32 регістрів загального призначення; 15 лінії введення-виведення загального призначення; 2 таймери-лічильники; 10 зовнішніх і внутрішніх переривань; програмований універсальний послідовний порт; програмований сторожовий; SPI послідовний порт для завантаження програм; два режими низького енергоспоживання, аналоговий компаратор.

Сімейство побудовано з використанням архітектури Гарвардського типу - пам'ять програм та пам'ять даних фізично розділені і доступ до них відбувається по-різному.

Пам'ять програм являє собою флеш-пам'ять, об'єм якої дорівнює 2 кБ. Так як більшість команд мають розмір одного 16-ти розрядного або 32-розрядного слова, то організація флеш-пам'яті програм має вигляд 1Кх16. Флеш-пам'ять може бути перепрограмована і витримує не менше 1000 циклів перезапису.

Пам'ять даних являє собою статичне ОЗП, загальний об'єм якого 224 байт. Перших 32 комірки пам'яті ОЗП займають 32 регістри загального призначення (R0-R31). Ці регістри насправді знаходяться поза пам'яттю даних, але їх

включення в єдиний адресний простір забезпечує гнучкість програмування. Наступних 64 адреси займають реєстри введення-виведення. В цій області зібрані всі реєстри даних, керування і статусу внутрішніх програмованих блоків введення-виведення. Безпосередньо дані розміщуються в 128 байтах пам'яті даних, починаючи з комірки 96 (\$60).

Для мікроконтролерів AT90 передбачена можливість підключення зовнішньої пам'яті даних та програм. При зверненні до пам'яті використовується 5 різних режимів адресації: пряма адресація, безпосередня адресація, безпосередня адресація зі зміщенням, безпосередня адресація з попереднім декрементом, безпосередня адресація з подальшим інкрементом. Реєстри R26-R31 можуть використовуватися як реєстри-вказівники при безпосередній адресації. Пряма адресація має доступ до всієї пам'яті даних. Безпосередня адресація зі зміщенням використовується для доступу до 63 комірок, базова адреса яких задається вмістом реєстрів Y(R28,R29) та Z(R30,R31).

Мікроконтролер AT90S2313 має 128 байт електрично стираємої енергонезалежної пам'яті (EEPROM). Ця пам'ять організована, як область даних, кожний байт якої може бути зчитаний та перезаписаний. Пам'ять EEPROM витримує не менше 10000 циклів перезапису.

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) процесора безпосередньо підключений до 32 реєстрів загального призначення. АЛП підтримує 3 категорії команд: арифметичні, логічні і бітові.

В якості схеми синхронізації може використовуватися внутрішній генератор з зовнішнім кварцевим або керамічним резонатором чи зовнішній генератор. В даній схемі використовується внутрішній генератор з зовнішнім кварцевим резонатором. Максимальна тактова частота мікроконтролера дорівнює 10 МГц.

Мікроконтролер передбачає реалізацію послідовного інтерфейсу вводу-виводу. Налаштування такого інтерфейсу реалізуються програмно. Послідовний інтерфейс введення-виведення даних здійснюється через входи RxD (PD0) та TxD (PD1) відповідно.

Мікроконтролери виготовляються в стандартних корпусах типу DIP8 або SOIC 8.

Напруга живлення мікроконтролера при тактовій частоті 4 МГц в комерційному виконанні (діапазон температур від 0°C до +70°C) становить 2,7-6,0 В [1].

В якості індикаторів візьмемо індикатори АЛС321А. Висота цифри у цих індикаторів дорівнює 7,5 мм, колір світіння — світлозелений.

Експлуатаційні характеристики при $T=25^{\circ}\text{C}$:

сила світла одного сегмента при $I_{\text{пр}}=20\text{мА}$ не менше 0,12 мкД;

постійна пряма напруга при $I_{\text{пр}}=20\text{мА}$ не більше 3,6В.

Всі індикатори підключені до дешифратора, який реалізований на мікросхемі К514ИД4А. Ця мікросхема перетворює двійково-десятковий код на своїх входах у код управління семисегментним індикатором. Дешифрація сигналів здійснюється при наявності сигналу високого рівня на вході Г та сигналу низького рівня на вході УП. Якщо на вході Г з'явиться сигнал низького рівня, індикатор гаситься. Сигнал високого рівня на вході УП фіксує останнє значення, яке з'явилося на індикаторі і не змінюється, не зважаючи на сигнали на інформаційних входах дешифратора.

Електричні характеристики мікросхем К514 ИД4А:

вхідний струм в стані логічної "1" не більше 800 мкА;

вхідний струм в стані логічного "0" не більше 40 мкА;

вихідний струм в стані логічної "1" не більше 20 мА;

напруга живлення: $5\pm 0,5\text{В}$;

потужність споживання: 300 мВт.

Враховуючи узгодження вихідних струмів дешифраторів та вхідних струмів індикаторів при високому логічному рівні (20мА), запобіжні резистори між індикаторами і дешифраторами не ставляться [11].

Індикатори зроблені по схемі з загальним катодом. Для реалізації динамічної індикації до цього катоду підключені транзистори, які відповідно сигналам керування від мікроконтролера дозволяють чи не дозволяють

протікання струму через індикатор. В кола баз і колекторів цих транзисторів включенні запобіжні резистори опором 330 Ом і 1,4 кОм відповідно. В якості транзисторів підходять транзистори КТ315Г.

3.3 Задача компоновання

Компоновання – це розміщення у просторі або у площині різних елементів, в результаті чого визначається форма, орієнтовні розміри, маса, а також місцеположення всіх радіоелементів приладу.

Компонувальний ескіз виконують з використанням геометричних розмірів і форми радіоелементів, які повинні бути розміщені у просторі з врахуванням електричних, магнітних, механічних, теплових та інших видів зв'язку. При компонованні також необхідно враховувати зручність експлуатації, забезпечення високої ремонтпридатності.

Компонувальний ескіз, дозволяє виконати оцінку електромагнітним, тепловим, кінематичним і іншим паразитним зв'язкам, оцінити основні конструкторсько-технологічні рішення, розрахувати основні показники якості і можливість суміщення з іншими об'єктами при роботі.

Результатом компоновальних робіт на стадії ескізного проектування буде складання загальної компоновальної схеми виробу. При компонованні виконується декілька варіантів і вибирається оптимальний за кількома критеріями згідно з [8].

3.4 Аналіз елементної бази

Для розробки і конструювання даного приладу необхідно визначитися з елементною базою, з якої буде складатися пристрій. Аналіз елементної бази здійснюється для визначення габаритних розмірів, маси і форми конструкції. В цьому розділі обираються найбільш оптимальні радіоелементи і визначаються їх конструктивні параметри.

Оскільки даний пристрій складається з багатьох радіокомпонентів, необхідно вибрати їх тип. Тому, на основі аналізу блоку, обираємо найбільш поширені вітчизняні елементи. Такий вибір обумовлений тим, що вітчизняні радіокомпоненти досить широко поширені, мають високі технічні параметри і малу вартість.

Аналіз здійснюватимемо згідно з переліком елементів (наведений у додатку), використовуючи довідники. Під час аналізу обраховуються установочні площі радіо компонентів, фіксуються їх маси, а також визначаються, які з радіоелементів будуть винесені на корпус виробу (поза робочою платою), а які будуть встановлені безпосередньо на друкованій платі згідно з.

За межі робочої плати будуть винесені світлодіоди, тому при визначенні габаритів плати їх установчі площі враховуватися не будуть. Всі інші радіоелементи, які наведені в переліку елементів будуть встановлені на робочу плату

Для радіоелементів установчі площі обраховуються двома шляхами, в залежності від форми корпусу:

- 1) якщо елемент має переріз круглий (для конденсаторів, транзисторів), то площа обчислюється за формулою:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

де d – діаметр компонента.

2) якщо радіоелемент розміщений на платі горизонтально (це стосується усіх радіокомпонентів з прямокутними корпусами), то установочна площа дорівнює:

$$S = a \cdot b,$$

де a , b – відповідно ширина і довжина установки.

Таблиця 3.1 – Характеристика елементної бази

Найменування	Кіл.	т, г	S, мм	Двив, мм ²	T, С°	f, Гц	Лін. прис., г	Удар. прис., г
Фотодіод								
TSL260R	1	8,35	34,2	0,6	-60..+70	1..5000	35	85
Конденсатори								
KEA-11	4	6	96,2	0,6	-60..+125	1..5000	40	80
КМП-96	2	5	72,5	0,6	-60..+120	1..4500	35	60
Мікросхеми								
ICL 7106	1	52	915,2	0,5	-25..+90	3..4000	32	75
LM 7805	1	20	128,8	0,5	-25..+91	23500	28	67
Резистори								
C2-23	9	6,5	14,3	0,6	-60..+155	1..3000	10	25
ТХМ	1	11,5	546,6	0,6	-60..+90	1..4500	12	30
Індикатор								
ИЖЦ5-4/8	1	144	1239	0,5	-60..+40	3..4000	32	75
Транзистори								
BC 548	2	7	25,2	0,46	-65..+115	10 ³ ..10 ⁵	25	40
КТ6137А	1	6,4	25,2	0,46	-60..+110	10 ³ ..10 ⁵	25	40

3.5 Розробка різних варіантів конструкцій

Виходячи з того, що корпус пристрою має просту форму, обираємо форму корпусу у вигляді прямокутного паралелепіпеда. В задачу компонування входить розроблення трьох варіантів різних конструкцій, з яких обирається оптимальна.

В першому варіанті плата розміщується у пластмасовому корпусі. В такому випадку корпус має прямокутну форму – зручно і ефективно використовується простір і немає зайвих порожнин.

Дана конструкція проста і ремонтпридатна, кришка з корпусом скріплюється за допомогою заціпок. Плата розміщена у горизонтальній площині, що сприяє хорошему тепловому режиму роботи пристрою. При такому варіанті конструкції значно спрощується розбірність, зменшується маса. До негативних показників можна віднести низьку ударостійкість і міцність корпусу.

Другий варіант конструкції передбачає аналогічне оформлення приладу з іншими габаритними розмірами плати і матеріалом корпусу, який тут металевий – алюмінієвий. Це зробить пристрій стійкішим до ударів, екранує його для запобігання завад, однак істотно зростає маса корпусу.

Третій варіант конструкції відрізняється від попередніх тим, що в ньому плату розділено на дві. Таким чином зменшується площа пристрою, але за рахунок цього зростає висота пристрою. Корпус – також пластмасовий, як і в першого варіанту.

Щоб визначити оптимальний варіант конструкції, необхідно провести обрахунки мас та об'ємів для всіх трьох варіантах, а потім порівняти їх між собою, враховуючи вагові коефіцієнти, що вказані в [7].

3.6 Визначення розмірів і маси конструкції

Габаритні розміри плати визначаються за формулою:

$$\sum S^I_{\text{уст}} = \sum S^{II}_{\text{уст}} = 3694,32 \text{ мм}^2 \approx 37 \text{ см}^2; \quad (3.1)$$

$$\sum S^{III}_{\text{уст1}} = 3199 \text{ мм}^2 \approx 32 \text{ см}^2;$$

$$\sum S^{III}_{\text{уст2}} = 495,3 \text{ мм}^2 \approx 5 \text{ см}^2.$$

Маємо орієнтовну площу плат:

$$S^I_{\text{плати}}^{\text{ор}} = S^{II}_{\text{плати}}^{\text{ор}} = 3694,32 \times (2 \dots 4) = (7388,7 \dots 14777,3) \text{ мм}^2;$$

$$S^{III}_{\text{плати1}}^{\text{ор}} = 3199 \times (2 \dots 4) = (6398 \dots 12796) \text{ мм}^2;$$

$$S^{III}_{\text{плати2}}^{\text{ор}} = 495,3 \times (2 \dots 4) = (991 \dots 1981) \text{ мм}^2.$$

Реальні розміри плати 160×65,5 мм для перших двох варіантів, і 65×100 і 15×80 – для третього варіанту, при цьому площі плат:

$$S^I_{\text{плати}} = S^{II}_{\text{плати}} = 10000 \text{ мм}^2 = 100 \text{ см}^2;$$

$$S^{III}_{\text{плати1}} = 7000 \text{ мм}^2 = 70 \text{ см}^2;$$

$$S^{III}_{\text{плати2}} = 1500 \text{ мм}^2 = 15 \text{ см}^2.$$

Висота корпуса залежить від максимальної висоти радіокомпонентів. В даному випадку у пристрої найвищим є трансформатор:

$$h_{\text{плати з елем.}} = 56 \text{ мм.}$$

Знаходимо об'єми плат та їх масу:

$$V^I_{\text{пл}} = V^II_{\text{пл}} = S^I_{\text{плати}} \times h = 100 \times 5,6 = 560 \text{ см}^3; \quad (3.2)$$

$$V^{III}_{\text{пл1}} = S^{III}_{\text{плати1}} \times h = 70 \times 5,6 = 392 \text{ см}^3;$$

$$V^{III}_{\text{пл2}} = S^{III}_{\text{плати2}} \times h = 15 \times 5,6 = 84 \text{ см}^3;$$

$$m^I_{\text{пл}} = m^II_{\text{пл}} = V^I_{\text{пл}} \times \rho_{\text{мат}} = 560 \times 0,14 = 78,4 \text{ г}; \quad (3.3)$$

$$m^{III}_{\text{пл1}} = V^{III}_{\text{пл1}} \times \rho_{\text{мат}} = 392 \times 0,14 = 54,88 \text{ г};$$

$$m^{III}_{\text{пл2}} = V^{III}_{\text{пл2}} \times \rho_{\text{мат}} = 84 \times 0,14 = 11,76 \text{ г.}$$

Масу радіоелементів знайдемо з таблиці 3,5. Маса елементів, що розміщені на платі:

$$m^I_{\text{ел.пл}} = m^II_{\text{ел.пл}} = 420,9 \text{ г};$$

$$m^III_{\text{ел.пл1}} = 375 \text{ г};$$

$$m^III_{\text{ел.пл2}} = 45,9 \text{ г.}$$

Маса елементів, що розміщені поза платою:

$$m_{\text{ел.кор}} = 9,4 \text{ г.}$$

Сумарна маса елементів для всіх варіантів:

$$m^I_{\text{ел}} = m^II_{\text{ел}} = m^I_{\text{ел.пл}} + m_{\text{ел.кор}} = 420,9 + 9,4 = 430,3 \text{ г}; \quad (3.4)$$

$$m^III_{\text{ел}} = m^III_{\text{ел.пл1}} + m^III_{\text{ел.пл2}} + m_{\text{ел.кор}} = 375 + 45,9 + 9,4 = 430,3 \text{ г.}$$

Габаритні розміри приладу, скомпонованого за варіантом I визначаємо наступним чином.

Внутрішній об'єм залежить від об'єму, який займає плата з радіоелементами (плюс певний запас).

Для *першого варіанту*:

внутрішні розміри:

$$a) \text{ висота } h_{\text{вн}} = h + h_{\text{зап}} = 56 + 18 = 73 \text{ мм};$$

$$\text{б) довжина } a_{\text{вн}} = a_{\text{пл}} + a_{\text{зап}} = 160 + 10 = 170 \text{ мм};$$

$$\text{в) ширина } b_{\text{вн}} = b_{\text{пл}} + b_{\text{зап}} = 62,5 + 10 = 72,5 \text{ мм};$$

зовнішні габарити (з урахуванням товщини корпусу):

$$\text{а) висота } h_{\text{зовн}} = h_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 73 + 2 \times 2 = 77 \text{ мм};$$

$$\text{б) довжина } a_{\text{зовн}} = a_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 170 + 4 = 174 \text{ мм};$$

$$\text{в) ширина } b_{\text{зовн}} = b_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 72,5 + 4 = 76,5 \text{ мм}.$$

Об'єм і маса корпусу:

$$\begin{aligned} m_{\text{корп}} &= (V_{\text{зовн}} - V_{\text{вн}}) \times \rho_{\text{пл}} = \\ &= (7,7 \times 17,4 \times 7,65 - 7,3 \times 17 \times 7,25) \times 1,35 = 169,05 \text{ г}; \\ V_{\text{корп}} &= V_{\text{зовн}} = 7,7 \times 17,4 \times 7,65 = 1024,9 \text{ см}^3. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Маса і об'єм пристрою:

$$m_{\text{прист}}^I = m_{\text{корп}} + m_{\text{пл}} + m_{\text{елем}} = 169,05 + 430,3 + 62,74 = 662 \text{ г};$$

$$V_{\text{прист}}^I = V_{\text{корп}} = 1024,9 \text{ см}^3.$$

Для другого варіанту:

внутрішні розміри:

$$\text{а) висота } h_{\text{вн}} = h + h_{\text{зап}} = 56 + 18 = 73 \text{ мм};$$

$$\text{б) довжина } a_{\text{вн}} = a_{\text{пл}} + a_{\text{зап}} = 160 + 10 = 170 \text{ мм};$$

$$\text{в) ширина } b_{\text{вн}} = b_{\text{пл}} + b_{\text{зап}} = 62,5 + 10 = 72,5 \text{ мм};$$

зовнішні габарити (з урахуванням товщини корпусу):

$$\text{а) висота } h_{\text{зовн}} = h_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 73 + 2 \times 1,5 = 76 \text{ мм};$$

$$\text{б) довжина } a_{\text{зовн}} = a_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 170 + 3 = 173 \text{ мм};$$

$$\text{в) ширина } b_{\text{зовн}} = b_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 72,5 + 3 = 75,5 \text{ мм}.$$

Об'єм і маса корпусу:

$$\begin{aligned} m_{\text{корп}} &= (V_{\text{зовн}} - V_{\text{вн}}) \times \rho_{\text{пл}} = \\ &= (7,6 \times 17,3 \times 7,55 - 7,3 \times 17 \times 7,25) \times 2,7 = 251 \text{ г}, \\ V_{\text{корп}} &= V_{\text{зовн}} = 7,65 \times 15,85 \times 6,85 = 992,7 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Маса і об'єм пристрою:

$$m_{\text{прист}}^II = m_{\text{корп}} + m_{\text{пл}} + m_{\text{елем}} = 251 + 430,3 + 62,74 = 744 \text{ г},$$

$$V_{\text{прист}}^II = V_{\text{корп}} = 992,7 \text{ см}^3.$$

Для третього варіанту:

внутрішні розміри:

$$\text{а) висота } h_{\text{вн}} = 2 \times h + h_{\text{зап}} = 2 \times 53 + 22 = 128 \text{ мм};$$

$$\text{б) довжина } a_{\text{вн}} = a_{\text{пл}} + a_{\text{зап}} = 100 + 10 = 110 \text{ мм};$$

$$\text{в) ширина } b_{\text{вн}} = b_{\text{пл}} + b_{\text{зап}} = 65 + 10 = 75 \text{ мм};$$

зовнішні габарити (з урахуванням товщини корпусу):

$$\text{а) висота } h_{\text{зовн}} = h_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 128 + 2 \times 2 = 132 \text{ мм};$$

$$\text{б) довжина } a_{\text{зовн}} = a_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 110 + 4 = 114 \text{ мм};$$

$$\text{в) ширина } b_{\text{зовн}} = b_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 75 + 4 = 79 \text{ мм}.$$

Об'єм і маса корпусу:

$$\begin{aligned} m_{\text{корп}} &= (V_{\text{зовн}} - V_{\text{вн}}) \times \rho_{\text{пл}} = \\ &= (132 \times 114 \times 79 - 128 \times 110 \times 75) \times 1,35 = 179,27 \text{ г}, \end{aligned}$$

$$V_{\text{корп}} = V_{\text{зовн}} = 132 \times 114 \times 79 = 1188,8 \text{ см}^3.$$

Маса і об'єм пристрою:

$$\begin{aligned} m_{\text{прист}}^{\text{III}} &= m_{\text{корп}} + m_{\text{пл1}} + m_{\text{пл2}} + m_{\text{елем1}} + m_{\text{елем2}} + m_{\text{ел.корп}} = \\ &= 179,27 + 375 + 44 + 2,3 + 4,2 + 1 = 605,8 \text{ г}, \end{aligned}$$

$$V_{\text{прист}}^{\text{III}} = V_{\text{корп}} = 1188,8 \text{ см}^3.$$

Заносимо отримані дані в таблицю 3.6.

Таблиця 3.2 – Параметри варіантів компоновання

Параметр	I	II	III
m, г	662	744	605,8
V, см ³	1024,9	992,7	1188,8

3.7 Вибір оптимального варіанту конструкції

Вибір оптимального варіанту конструкції здійснюють шляхом розрахунку показника:

$$K = \frac{m^i}{m^{T3}} K_m + \frac{V^i}{V^{T3}} K_V, \quad (3.6)$$

де V^{T3} , m^{T3} – об'єм та маса згідно технічного завдання;

K_m , K_V – вагові коефіцієнти, які визначають в залежності від умов експлуатації. Їх вибираємо наступними:

$$K_m = 0,8, \quad K_V = 0,8.$$

Оптимальним буде той варіант, в якому показник K найменший.

За базовий приймаємо 1-й варіант компоновання приладу, інші два варіанти порівнюємо з ним.

Для I варіанту:

$$K_1 = \frac{662}{700} \cdot 0,8 + \frac{1024,9}{1200} \cdot 0,8 = 1,43.$$

Для II варіанту :

$$K_2 = \frac{744}{750} \cdot 0,8 + \frac{992,7}{1100} \cdot 0,8 = 1,51.$$

Для III варіанту :

$$K_3 = \frac{605,8}{620} \cdot 0,8 + \frac{1188,8}{1200} \cdot 0,8 = 1,571.$$

Розрахунок показує, що коефіцієнт K найменший для першого варіанту компоновання конструкції, тому він буде оптимальним.

Таким чином, нам вдалося мінімізувати розміри пристрою і досягти оптимального розміщення елементів у корпусі.

3.8 Вибір типу друкованої плати

При виборі типу друкованої плати для розроблювальної конструкції потрібно враховувати техніко-економічні показники. Даний прилад не дуже складний за своєю конструкцією і складається з доступних радіоелементів. У нашому пристрої компактно розміщенні елементи на платі, великі розміри елементів, їх невелика кількість і невисока складність технологічного процесу,

але для оптимізації розмірів доцільно обрати в якості монтажної плати двосторонню друковану плату на основі хімічного методу виготовлення, яка характеризується простотою і дешевизною.

3.9 Вибір і обґрунтування класу точності друкованої плати

Для даного виробу, з огляду на ускладнене трасування та високу щільність монтажу (для мінімізації виробу) оптимальним варіантом буде вибір 2-го класу точності друкованої плати (не вимагає використання високоякісних матеріалів, інструментів та обладнання).

Даний клас характеризується наступними елементами конструкції:

- а) ширина провідника в широких місцях _____ 0,75 мм;
- б) ширина провідника у вузьких місцях _____ 0,45 мм;
- в) відстань між двома провідниками _____ 0,45 мм;
- г) гарантійний поясок зовнішнього шару _____ 0,2 мм.

В широких місцях ширина провідника задається наступним класом – для другого це буде перший клас.

3.10 Вибір матеріалу друкованої плати

До матеріалу висуваємо наступні вимоги:

- а) висока технологічність;
- б) високі електрофізичні властивості;
- в) забезпечення високої адгезії;
- г) мінімальні механічні короблення.

Найчастіше для виготовлення друкованої плати використовують склотекстоліт і гетинакс, марок:

- ГФ – фольгований гетинакс;
- СФ – фольгований склотекстоліт;
- ФГС – склотекстоліт фольгований травильний;
- СФПН – склотекстоліт фольгований нагрівостійкий;
- СТФ – склотекстоліт теплостійкий.

Товщина друкованої плати визначається товщиною вихідного матеріалу і вибирається залежно від елементної бази та навантажень.

Найкращі параметри, згідно таблиці 3.7, має склотекстоліт. Тому за матеріал для друкованої плати обираємо склотекстоліт фольгований двосторонній марки СФ-1-35-1,5, який має товщину фольги 35 мкм, товщина матеріалу з фольгою 1,5 мм. Він застосовується для виготовлення двосторонніх друкованих плат.

Таблиця 3.3 – Властивості матеріалів друкованих плат

Параметр	Гетинакс	Текстоліт	Склотекстоліт
Відносна діелектрична проникність	4,5...6	4,5...6	5...6
Питомий об'ємний опір, Ом·м	$10^{12}...10^{14}$	$10^{12}...10^{14}$	$10^{14}...10^{15}$
Діапазон робочих температур, °С	-60...+80	-60...+70	-60...+100
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м*К)	0,25...0,3	0,23...0,34	0,34...0,74
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, $10^{-6}K^{-1}$	22	22	8...9
Щільність без фольги, кг/м ³	1300...1400	1300...1500	1600...1900

3.11 Розрахунок діаметрів контактних площадок

Діаметр контактних площадок розраховується відповідно до діаметру отворів за формулою :

$$D_{КП} = d_{отв} + \Delta d_{отв} + 2S + \Delta t_{\epsilon} + 2\Delta t_{mp} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{нс}^2}, \quad (3.7)$$

де $d_{отв}$ – діаметр отвору;

$\Delta d_{\text{отв}}$ – верхній допуск на діаметр отвору, $\Delta d_{\text{отв}} = 0,1$ мм;

S – ширина гарантійного пояса, $S = 0,2$ мм;

$\Delta t_{\text{в}}$ – верхній допуск на ширину провідника, $\Delta t_{\text{в}} = 0,1$ мм;

$\Delta t_{\text{тр}}$ – допуск на підтравлювання діелектрика в отворі, $\Delta t_{\text{тр}} = 0$;

T_d – позиційний допуск розміщення отворів, $T_d = 0,15$ мм;

T_D – позиційний допуск розміщення центрів контактних площадок,
 $T_D = 0,25$ мм;

$\Delta t_{\text{нв}}$ – нижній допуск на ширину провідника, $\Delta t_{\text{нв}} = 0,1$ мм.

Визначаємо загальний допуск:

$$\Delta D_{\text{КП}} = 0,1 + 2 \times 0,2 + 0,1 + 0 + \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2} = 0,9 \text{ мм.}$$

Діаметри отворів розраховуються за формулою:

$$d = d_{\text{вив}} + (0,2 \dots 0,4), \quad (3.8)$$

де $d_{\text{вив}}$ – діаметри виводів радіоелементів.

В даному приладі елементи мають наступні діаметри виводів:

$$0,46; 0,5; 0,6; 2,1; 4 \text{ мм.}$$

Здійснюємо оптимізацію діаметрів отворів:

$$d_1 = 0,46 + 0,34 = 0,9 \text{ мм;}$$

$$d_2 = 0,5 + 0,4 = 0,9 \text{ мм;}$$

$$d_3 = 0,6 + 0,3 = 0,9 \text{ мм;}$$

$$d_4 = 2,1 + 0,4 = 2,5 \text{ мм;}$$

$$d_4 = 4 + 0,2 = 4,2 \text{ мм.}$$

Маємо три діаметри отворів:

$$d_1 = 0,9 \text{ мм;}$$

$$d_2 = 2,5 \text{ мм;}$$

$$d_3 = 4,2 \text{ мм.}$$

Знаходимо діаметри контактних площадок:

$$D_1 = 0,9 + 0,9 = 1,8 \text{ мм;}$$

$$D_2 = 2,5 + 0,9 = 3,4 \text{ мм;}$$

$$D_3 = 1,4 + 0,9 = 5,1 \text{ мм.}$$

3.12 Розрахунок ширини друкованих провідників

Розрахунок ширини провідників проводиться за максимальним струмом і за падінням напруги, а також ширина задається і технічно, виходячи із класу точності друкованої плати. Тоді ширина провідника:

$$B = \max \{b_{\min I}, b_{\min U}, b_{\text{тех}}\}. \quad (3.9)$$

За максимальним струмом, що протікає через провідник:

$$b_{\min I} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{дон}} t}, \quad (3.10)$$

де $j_{\text{дон}}$ – допустима густина струму, для двосторонньої плати, виготовленої хімічним методом, $j_{\text{дон}} = 5 \text{ А/мм}^2$,

t – товщина провідника, $t = 20 \div 45 \text{ мкм}$, обираємо значення $t = 40 \text{ мкм}$,

I_{\max} – максимальний постійний струм, який проходить через провідник, $I_{\max} = 0,16 \text{ А}$.

$$b_{\min I} = b_{\min I} = \frac{0,08}{5 \cdot 0,04} = 0,1 \text{ мм}.$$

Визначимо мінімальну ширину провідника з умови допустимого падіння напруги :

$$b_{\min U} = \frac{I_{\max} \cdot \rho \cdot l_{\max}}{\Delta U_{\text{дон}} \cdot t}, \quad (3.11)$$

де ρ – питомий опір провідників, для плати, яка виготовлена хімічним методом $\rho = 0,005 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$,

I_{\max} – струм, який проходить по провіднику, $I_{\max} = 0,08 \text{ А}$,

l_{\max} – максимальна довжина провідника, $l_{\max} = 5,2175 \text{ м}$,

$U_{\text{дон}}$ – допустиме падіння напруги (становить не більше 5% від напруги живлення $U_{\text{дон}} = 220 \times 0,05 = 11 \text{ В}$),

t – товщина провідника.

$$b_{\min U} = \frac{0,08 \cdot 0,01 \cdot 5,17}{11 \cdot 0,04} = 0,0092 = 9,2 \text{ мкм } (< 450 \text{ мкм}).$$

Розраховані значення ширини провідників не перевищують технологічну, тому:

$$B = b_{\text{тех}} = 0,45 \text{ мм.}$$

3.13 Розрахунок плати на механічні дії

Розрахунки варто проводиться поетапно:

Визначаємо частоту власних коливань за формулою:

$$f_0 = \frac{\pi}{2 \cdot a^2} \cdot \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) \cdot \sqrt{\frac{D}{M} \cdot a \cdot b}, \quad (3.12)$$

де a, b – довжина і ширина плати: $a = 170 \text{ мм}$, $b = 62,5 \text{ мм}$;

D – циліндрична жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}, \quad (3.13)$$

E – модуль пружності, для фольгованого склотекстоліту з друкованою схемою $E = 3,2 \times 10^{10} \text{ Н/м}^2$;

h – товщина плати, $h = 1,5 \text{ мм}$;

ν – коефіцієнт Пуассона, $\nu = 0,279$;

M – маса плати з радіоелементами, $M = 31,89 + 32,25 = 480,12 \text{ г}$.

$$D = \frac{3,2 \cdot 10^{10} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^3}{12 \cdot (1 - 0,279^2)} = 9,76;$$

$$f_0 = \frac{3,14}{2 \cdot 0,0875^2} \cdot \left(1 + \frac{0,17^2}{0,0625^2}\right) \cdot \sqrt{\frac{9,76}{0,48} \cdot 0,17 \cdot 0,0625} = 102,36 \text{ Гц.}$$

$$f \neq f_p$$

$$102,36 \text{ Гц} \neq 50 \text{ Гц.}$$

Отже, частота власних коливань не співпадає з резонансною частотою.

Визначаємо коефіцієнт динамічності:

$$K_{\text{дин}} = \frac{\sqrt{(1 + [K_1(x)K_1(y) - 1]\gamma^2)^2 + \varepsilon_{11}^2 \gamma^2}}{\sqrt{(1 - \gamma^2)^2 + \varepsilon_{11}^2 \gamma^2}}, \quad (3.14)$$

де $K(x)$, $K(y)$ – залежність коефіцієнта від коливань. Коли обидва краї закріплені $K(x) = K(y) = 1,3$;

γ – коефіцієнт розстроювання: $\gamma = f/f_p = 50/102,36 = 0,5$;

ε – показник затухання $\varepsilon = \lambda/\pi \approx 0,01$;

λ – декремент затухання $\lambda = (2 \dots 10) \times 10^{-2}$.

$$K_{\text{дин}} = \sqrt{\frac{(1 + [1,3 \cdot 1,3 - 1] \cdot 0,5^2)^2 + 0,01^2 \cdot 0,095^2}{(1 - 0,5^2)^2 + 0,01^2 \cdot 0,5^2}} = 2,72.$$

Розраховуємо віброзміщення і віброприскорення:

Віброзміщення:

$$S_B = \xi_0 \times K_d, \quad \xi_0 = \frac{a_0}{4\pi^2 (f_p)^2}, \quad (3.15)$$

де a_0 – віброприскорення згідно технічного завдання, $a_0 = 18,6 \text{ м/с}^2$;

$$\xi_0 = \frac{18,6}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 102,36^2} \approx 1,41 \cdot 10^{-6} \text{ м},$$

$$S_B = 1,41 \times 10^{-6} \times 2,72 = 3,84 \times 10^{-6} \text{ м},$$

Віброприскорення:

$$a_B = a_0 \times K_d = 18,6 \times 3,84 = 50,6 \text{ м/с}^2.$$

Перевіряємо на виконання умови віброміцності для елементної бази (дані беремо з таблиці 4):

$$a_B \leq a_{\text{доп}}$$

$$50,6 \text{ м/с}^2 \leq 85 \text{ м/с}^2.$$

Визначаємо прогин плати:

$$\delta = S_B - \xi_0 = 3,84 \times 10^{-6} - 1,41 \times 10^{-6} = 2,43 \times 10^{-6} \text{ м};$$

$$\delta_{\text{доп}} = \delta_{\text{пр}} \cdot l^2 = 28 \times 10^{-3} \times (7 \times 10^{-3})^2 = 0,7 \times 10^{-3} \text{ м}.$$

Розрахунок показує, що таке переміщення не призведе до дефектів та порушення цілісності плати, так як виконується умова:

$$\delta \leq \delta_{\text{доп}}$$

$$0,013 \times 10^{-7} \text{ м} \leq 0,27 \times 10^{-3} \text{ м.}$$

3.14 Розрахунок плати на електромагнітну стійкість

Для оцінки електромагнітної стійкості друкованої плати слід визначити паразитну ємність між друкованими провідниками і паразитну взаємодукцію між ними.

Паразитна ємність між двома друкованими провідниками:

$$C = \frac{1,06 \cdot \varepsilon \cdot l_1}{\lg\left(\frac{2a}{t+b}\right)} \quad (3.16)$$

де l_1 – максимальна довжина взаємного перекриття провідників, $l_1 = 0,07$ м;

a - відстань між провідниками;

t і b - товщина і ширина провідника відповідно;

ε – діелектрична проникність середовища для провідників:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\text{п}} + \varepsilon_{\text{л}}}{2}, \quad (3.17)$$

де $\varepsilon_{\text{п}}$ – діелектрична проникність матеріалу плати, $\varepsilon_{\text{п}} = 6$;

$\varepsilon_{\text{л}}$ – діелектрична проникність матеріалу лаку, $\varepsilon_{\text{л}} = 4$.

Маємо: $\varepsilon = \frac{6+4}{2} = 5$;

$$C = \frac{1,06 \cdot 5 \cdot 0,07}{\lg\left(\frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{35 \cdot 10^{-6} + 0,45 \cdot 10^{-3}}\right)} = 0,27 \text{ пФ} (< 1 \text{ пФ}).$$

Паразитна індуктивність між двома друкованими провідниками:

$$L = 2 \cdot l_2 \cdot \left(\ln \frac{2l_2}{a+b}\right). \quad (3.18)$$

де l_2 – довжина провідника, $l_2 \approx 7,5$ см.

$$L = 2 \cdot 7,5 \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 7,5}{0,45 + 0,035} \right) = 0,59 \text{ мкГн } (< 1 \text{ мкГн}).$$

Отримані значення ємності та індуктивності становлять менші за допустимі величини.

3.15 Моделювання частини схеми за допомогою програми

Для моделювання частини схеми електричної принципової буде використовуватись програма National Instruments Multisim 12, що належить до прикладних програм САПР і дозволяє отримувати характеристики як елементів кола, так і цілих схем.

Відповідно до поширених мережевих адаптерів, перевіряється можливість роботи пристрою від промислових зразків на 5 В і 9 В.

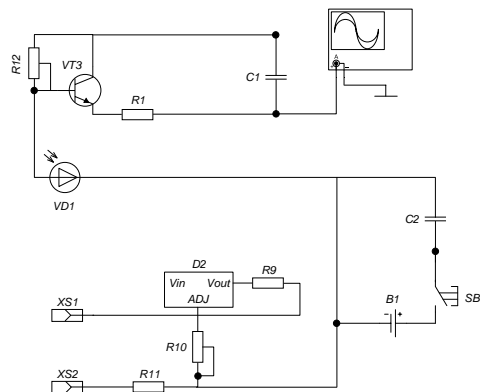


Рисунок 3.1 – Схема блоку живлення

Для моделювання частини схеми електричної принципової буде використовуватись програма National Instruments Multisim 12, що належить до прикладних програм САПР і дозволяє отримувати характеристики як елементів кола, так і цілих схем. Перевіряється можливість роботи пристрою від зразків на 5 В і 9 В.

Спершу задається параметр джерела живлення $U_{ж} = 5 \text{ В}$, канал А осцилографа підключається паралельно до емітера транзистора VT3 і заземлення. Інтерес представлятиме перехідний процес встановлення рівня напруги живлення на рівні близько 5 В. З графіка на рисунку 2.2 можна визначити, що тривалість цього процесу становитиме 210 мс, і значення напруги досягне рівня 5 В. Отже

вихідна напруга зарядного пристрою не повинна перевищувати 20 В, оскільки максимальна робоча напруга живлення для VT3 становить 20 В.

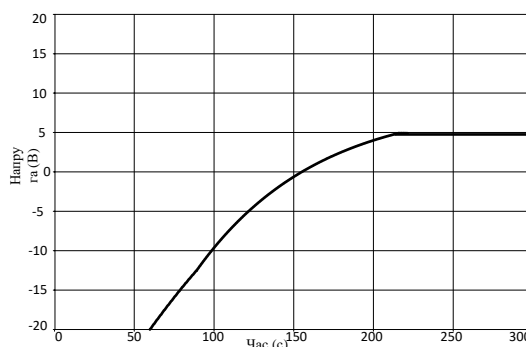


Рисунок 3.2 – Результати моделювання, при $U_{ж} = 5 \text{ В}$

Для наступного випадку моделювання встановлюється $U_{ж} = 20 \text{ В}$. Результати можна спостерігати на рисунку 2.3, час встановлення постійного рівня напруги зріс до 290 мс, а значення напруги становить 17,5 В.

Отже у якості зарядного пристрою можна використовувати адаптери з вихідною напругою постійного струму, що знаходиться в межах від 5В до 20В. Час зарядки батарей буде зменшуватись відповідно до зростання напруги зарядного пристрою, але разом з тим збільшуватиметься нагрів радіоелементів.

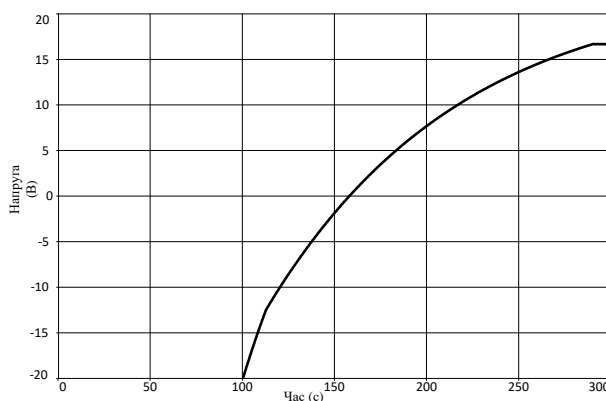


Рисунок 3.3 – Результати моделювання, при $U_{ж} = 20 \text{ В}$

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок кошторису витрат на розробку та дослідження портативного глюкометра

Кошторис витрат на розробку портативного глюкометра може передбачати наступні основні витрати:

4.2 Витрати на основну заробітну плату розробників

Основна заробітна плата розробників(дослідників) Z_0 :

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (4.1)$$

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 4.1 – 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	63	37380,00
2. Інженер-електронщик	7650,00	364,29	21	7650,00
3. Консультант (лікар-анестезіолог)	6800,00	323,81	2	647,62
4. Консультант (лікар-хірург)	6800,00	323,81	12	3885,71
5. Інженер-конструктор	7550,00	359,52	42	15100,00
6. Інженер-метролог	7550,00	359,52	21	7550,00
7. Інженер-схемотехнік	7550,00	359,52	42	15100,00
8. Технік	5260,00	250,48	63	15780,00
Всього				103093,33

4.3 Основна заробітна плата робітників

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

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (4.2)$$

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, $K_c = 1,25$;

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

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}} \text{ [грн./год]} \quad (4.3)$$

де: M_m - мінімальна місячна оплата праці - грн.. $M_m = 3723,00$ грн;

K_i - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду.

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

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

Розрахунки наведені в таблиці .

Таблиця 4.2- 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	753,46
Монтаж експериментальної схеми	8,0	5	1,7	376,73
Наладка макетної схеми	2,0	6	2	110,80
Випробування схеми	1,2	6	2	66,48

Продовження таблиці 4.2

Підготовка плати	4,35	4	1,5	180,75
Виготовлення плати	6,5	4	1,5	270,08
Підготовка корпусу	4,2	4	1,5	174,52
Складання корпусу	3,5	4	1,5	145,43
Монтаж плати	1,2	5	1,7	56,51
Монтаж компонентів пристрою	8,4	5	1,7	395,57
Наладка приладу	3,2	6	2	177,29
Регулювання приладу	2,2	6	2	121,88
Випробування приладу	4,0	5	1,7	188,37
Всього				3017,87

4.4 Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата $Z_{\text{дод}}$ всіх розробників та робітників які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників. На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 11% від основної заробітної плати.

$$Z_{\text{дод}} = N_{\text{дод}} \cdot Z_p \text{ [грн.],} \quad (4.4)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = (103093,33 + 3017,87) \cdot 11\% = 11672,23 \text{ (грн.).}$$

4.5 Нарахування на заробітну плату

Нарахування на заробітну плату Z_n у 2018 році складають 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників (дослідників) та робітників

$$Z_n = N\% \cdot (Z_o + Z_p + Z_d) \quad (4.5)$$

де: Н% - процент нарахування на заробітну плату

$$Зн = 22\% (103093,33 + 3017,87 + 11672,23) = 25912,36 \text{ грн.}$$

4.6 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:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.6)$$

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 4.3 - Амортизація основного обладнання

Найменування обладнання, приміщень	Залишкова балансова вартість,	Строк корисного використан	Термін використ. обладнан	Величина амортизаційних відрахувань, грн
1. Ванна для травлення та металізації	2460,00	7	3	87,86
2. Генератор сигналу високочастотний	5850,00	5	3	292,50
3. Амперметр високо-точний	5278,00	5	3	263,90
4. Частотомір комплексний	7250,00	5	3	362,50
5. Вольтметр	3240,00	5	3	162,00
6. Осцилограф	8790,00	5	3	439,50
7. Паяльна станція	1950,00	4	3	121,88
8. Комп'ютер	22750,00	5	3	1137,50
9. Програмне забезпе-чення	8670,00	2	3	1083,75
10. Система інтерфейсів (контрольна)	6800,00	4	3	425,00
Всього				4376,38

4.7 Оренда обладнання

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

$$O = \frac{Ц \cdot H_o}{100} \cdot \frac{T}{12} \quad (4.7)$$

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 4.4 - Оренда обладнання

Найменування обладнання, приміщень	Балансова вартість,	Ставка орендної	Термін викори-	Сума орендної плати, грн.
Дослідницька лабораторія	2016000,00	10	3	50400,00
Всього				50400,00

4.8 Витрати на матеріали

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

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot C_v \text{ [грн]}, \quad (4.8)$$

де n - кількість видів матеріалів;

H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг;

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

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

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

C_v - ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн./кг.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, л, грн.	Витрачено, кг	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	14,0	-	-	168,00

Продовження таблиці 4.5

3. Папір для записів	25,00	7,0	-	-	175,00
4. Канцелярські товари (ручки, олівці, клей)	185,00	7,0	-	-	1295,00
5. Змінний карт-ридж 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					6010,10

Витрати на матеріали з врахуванням транспортних витрат ($K=1,11$)

$$M = 6010,10 * 1,11 = 6671,21 \text{ грн.}$$

4.9 Витрати на комплектуючі

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

$$H = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \text{ [грн]}, \quad (4.9)$$

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 4.6.

Таблиця 4.6 - Розрахунок витрат на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за штуку, грн	Сума, грн.
Мікросхеми	-	-	220
Резистори	-	-	40,00
Конденсатори	-	-	35,2
Діоди	-	-	65,2
Стабілітрони	-	-	10
Реле	-	-	85,00
Кварц	-	-	6,5
Індикатори	-	-	130,2
Роз'єм	-	-	36,5
Плата	-	-	120,0
Корпус (пластмаса)	-	-	115,3
Гвинти М6х8	-	-	16,4
Гайки М6	-	-	7,8
Шайби	-	-	3,4
Всього			891,50

Визначимо витрати на комплектуючі з врахуванням транспортних витрат.

$$N_i = 891,50 \cdot 1,11 = 989,57 \text{ (грн.)}$$

4.10 Витрати на силову електроенергію

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

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ (грн.)}, \text{ [грн]}, \quad (4.10)$$

де V – вартість 1 кВт-години електроенергії для підприємства. В 2018 році $V=2,83$ грн./кВт з ПДВ;

P – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт використання потужності. $K_{\text{п}} = 0,8$.

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

Таблиця 4.7– 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	7,82
2. Генератор сигналу високочастотний	25,40	0,76	1	54,63
3. Амперметр високоточний	25,40	0,52	1	37,38
4. Частотомір комплексний	25,40	0,32	1	23,00
5. Вольтметр	42,00	0,36	1	42,79
6. Осцилограф	15,00	0,4	1	16,98
7. Паяльна станція	6,00	0,05	1	0,85
8. Комп'ютер	504,00	0,82	1	1169,58
Всього				1353,03

4.11 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 .

$$(Z_0+Z_p) \cdot 300\% = (103093,33+3017,87) \cdot 250\% = 265278,02 \text{ (грн)}. \quad (4.11)$$

Сума всіх попередніх витрат дає загальні витрати на нову розробку:
 $V = 103093,33 + 3017,87 + 11672,23 + 25912,36 + 6671,21 + 989,57 + 4376,38 + 1353,03 + 265278,02 + 50400,00 = 472764,00 \text{ (грн.)}$

4.12 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

Витрати на матеріали

Витрати на матеріали, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot C_v \text{ [грн]}, \quad (4.12)$$

де n - кількість видів матеріалів;

H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг;

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

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

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

C_v - ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн./кг.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Витрачено, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Склотекстоліт СТФ 2 - 1.5	100	0,1	-	-	10,00
Хлорне залізо	260	0,05	-	-	13,00
Дріт монтажний	80	0,05	-	-	4,00
Лак УР-231	360	0,05	-	-	18,00
Спирт етиловий	92	0,25	-	-	23,00
Припій ПОС-61	590	0,03	-	-	17,70
Флюс БС-2	120	0,01	-	-	1,20
Кабель силовий	120	0,21	-	-	25,20
Всього					112,10 * 1,11 = 124,43 грн.

4.12 Витрати на комплектуючі

Витрати на комплектуючі розраховується за формулою

$$N = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i \cdot K_i \text{ [Грн]}, \quad (4.13)$$

де N_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 4.9.

Таблиця 4.9- Розрахунок витрат на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кіл ькість	Ціна за штуку, грн	Сума, грн.
Мікросхеми	-	-	220,00
Резистори	-	-	40,00
Конденсатори	-	-	35,20
Діоди	-	-	65,20
Стабілітрони	-	-	10,00
Реле	-	-	85,00
Кварц	-	-	6,50
Індикатори	-	-	130,20
Роз'єм	-	-	36,50
Плата	-	-	120,00
Корпус (пластмаса)	-	-	115,30
Гвинти М6х8	-	-	16,40
Гайки М6	-	-	7,80
Шайби	-	-	3,40
Всього			891,50

Визначимо витрати на комплектуючі з врахуванням транспортних витрат.

$$Ні = 891,50 * 1,11 = 989,57 \text{ (грн.)}$$

4.14 Витрати на силову електроенергію

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

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot П \cdot \Phi \cdot K_{II} \text{ (грн.)}, \text{ [грн]}, \quad (4.14)$$

де V – вартість 1 кВт-години електроенергії для підприємства. В 2018 році $V=2,83$ грн./кВт з ПДВ;

$П$ – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт використання потужності.

Дані стосовно проведених робіт та встановленої потужності обладнання наведено в таблиці.

Таблиця 4.10– 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	0,35	0,85	1	0,84
2. Генератор сигналу високочастотний	0,10	0,76	1	0,22
3. Амперметр високо-точний	0,20	0,52	1	0,29
4. Частотомір комплексний	0,20	0,32	1	0,18
5. Вольтметр	0,10	0,36	1	0,10
6. Осцилограф	0,20	0,4	1	0,23
7. Паяльна станція	1,00	0,05	1	0,14
Всього				2,00

4.15 Витрати на основну заробітну плату робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників що виготовляють один виріб (Z_p) розраховуються за формулою:

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

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (4.15)$$

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, $K_c = 1,25$;

C_i - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує дану роботу,

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}} \text{ [грн./год]} \quad (4.16)$$

де: M_m - мінімальна місячна оплата праці - грн.. $M_m = 3723,00$ грн;

K_i - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду.

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

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

Таблиця 4.11- Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудоміст- кість, н.-	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка,	Величина оплати, грн.
Підготовка плати	0,35	4	33,24	14,54
Виготовлення плати	1,2	4	33,24	49,86
Підготовка корпусу	0,85	4	33,24	35,32
Складання корпусу	1,1	4	33,24	45,71
Монтаж плати	0,56	5	37,67	26,37
Монтаж компонентів пристрою	1,35	5	37,67	63,57
Наладка приладу	0,5	6	44,32	27,70
Регулювання приладу	0,72	6	44,32	39,89
Випробування приладу	1	5	37,67	47,09
Всього				350,06

4.16 Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата $Z_{дод}$ всіх розробників та робітників які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників. На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 11% від основної заробітної плати.

$$Z_{дод} = N_{дод} \cdot Z_p \text{ [грн.],} \quad (4.17)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = (350,06) \cdot 11\% = 38,51 \text{ (грн.)}$$

4.17 Нарахування на заробітну плату

Нарахування на заробітну плату $Z_{\text{н}}$ у 2018 році складають 22% від суми основної та додаткової заробітної плати робітників

$$Z_{\text{н}} = N\% \cdot (Z_{\text{р}} + Z_{\text{д}}) \quad (4.18)$$

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

$$Z_{\text{н}} = 22\% (350,06 + 38,51) = 85,48 \text{ (грн)}$$

4.18 Розрахунок загально виробничих статей витрат

Величину загально виробничих витрат в розрахунку на одиницю продукції можна розрахувати за нормативами відносно до основної заробітної плати основних робітників, які виготовляють продукцію.

Норматив загально виробничих витрат становить для електроніки становить 200-280%.

$$I_{\text{в}} = 200\% \cdot 350,06 / 100\% = 700,11 \text{ (грн)}$$

4.19 Виробнича собівартість продукції

Сума всіх попередніх статей витрат утворює виробничу собівартість продукції – $S_{\text{в}}$

$$S_{\text{в}} = 124,43 + 989,57 + 350,06 + 38,51 + 85,48 + 2,00 + 700,11 = 2290,16 \text{ (грн.)}$$

4.20 Розрахунок ціни реалізації виробу

Ціну реалізації розробки можна розрахувати за формулою

$$Ц_p = S \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{W}{100}\right) \text{ (грн.)}, \quad (4.19)$$

де S – повна собівартість виробу, грн.;

P – норматив рентабельності, $P = 60\%$;

W – ставка податку на додану вартість, % (у 2018 році $W = 20\%$).

$$Ц_p = 2290,16 \cdot (1+0,6) \cdot (1+0,2) = 4397,10 \text{ (грн.)}$$

Прийmemo ціну реалізації в розмірі 4500.00 грн.

4.21 Розрахунок прибутку для виробника

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

$$\Pi = \left\{ \left[Ц_p - \frac{(Ц_p - MP) \cdot f}{100} - S_B - \frac{q \cdot S_B}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ (грн.)}, \quad (4.20)$$

де $Ц_p$ - 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 2018 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 2018 р. ставка $h = 18\%$;

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

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[4500,00 - \frac{(4500,00 - 1114,00) \cdot 16,67}{100} - 2290,16 - \frac{5 \cdot 2290,16}{100} \right] \cdot \left(1 - \frac{18}{100} \right) \right\} \cdot 275 = \\ &= 345215,39 \text{ (грн.)}. \end{aligned}$$

4.22 Розрахунок терміну окупності витрат

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

$$T_0 = \frac{B}{\Pi} \text{ років,} \quad (4.21)$$

$$T_0 = \frac{472764,00}{345215,39} = 1,37 \text{ року}$$

Тобто вже за 1,37 року пристрій окупить себе, що свідчить про економічну доцільність проведення нової розробки.

4.23 Розрахунок експлуатаційних витрат у споживача при використанні нової розробки

Розрахуємо заробітну плату обслуговуючого персоналу за формулою:

$$Z_{обс} = 12 \cdot M \cdot \beta \text{ (грн./рік),} \quad (4.22)$$

де M – місячний посадовий оклад інженерно-технічного працівника, грн.
Прийmemo 7200,00 грн.

β – частка часу, який витрачає фахівець на обслуговування виробу в загальному часі своєї роботи. $\beta=0,002$. Це є усереднене значення, так як розробка використовується в різних закладах і різними спеціалістами.

$$Z_{обс} = 12 \cdot 7200,00 \cdot 0,002 = 172,80 \text{ (грн. /рік)}$$

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу (11% від основної заробітної плати обслуговуючого персоналу):

$$Z_{дод} = 172,80 \cdot 11\% = 19,01 \text{ (грн. /рік)}$$

Нарахування на заробітну плату обслуговуючого персоналу складає 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$ЗН = 22\% (172,80+19,01)=42,20 \text{ грн.} \quad (4.23)$$

Витрати на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_c = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ [грн./рік]}, \quad (4.24)$$

де V - вартість 1 кВт-години електроенергії. В 2018 році ця вартість складала $V = 2,83$ грн./кВт;

Π - установлена потужність виробу, кВт;

Φ - фактична кількість годин роботи виробу за рік, годин;

K_{Π} - коефіцієнт використання потужності, $K_{\Pi} < 1$.

$$V_c = 2,83 \cdot 0,3 \cdot 1100 \cdot 1,0 = 933,90 \text{ (грн./рік)}.$$

Амортизаційні відрахування:

$$A = \frac{\Pi}{T_B} \text{ грн./рік} \quad (4.25)$$

де Π – балансова вартість виробу, грн;

T_B – термін використання виробу, 5 років.

$$A = 4500,00 / 5 = 900,00 \text{ грн.}$$

Інші витрати 1,5% від загальної суми усіх попередніх витрат:

$$V_i = (172,80+19,01+42,20+933,90+900,00) \cdot 1,5\% = 31,02 \text{ (грн. /рік)}$$

Сума витрат за всіма попередніми статтями дає величину експлуатаційних витрат для даної розробки – E_2 :

$$E_2 = 172,80+19,01+42,20+933,90+900,00+31,02=2098,92 \text{ (грн. /рік)}$$

Експлуатаційні витрати аналога (E_1) складають 4778,68 грн. (заробітна плата персоналу – 648.00 грн., додаткова заробітна плата та нарахування – 229,52 грн., електроенергія – 1307,46 грн., амортизація – 2500,00 грн., інші витрати – 93,70 грн.)

4.24 Розрахунок економічного ефекту для споживача від придбання нового приладу

Економічний ефект для споживача від придбання нового виробу розраховується за формулою:

$$\Delta E = E_1 - E_2 \text{ [грн./рік.]} \quad (4.26)$$

де E_1 – експлуатаційні витрати для аналога, $E_1 = 4778,68$ грн./рік;

E_2 – експлуатаційні витрати при використанні нового приладу, $E_2 = 2098,92$ грн./рік.

$$\Delta E = 4778,68 - 2098,92 = 2679,76 \text{ (грн.)}$$

4.25 Розрахунок для споживача економічного ефекту на ціні від придбання нового виробу

Економічний ефект для споживача на ціні від придбання нового виробу розраховується за формулою:

$$\Delta C = C_1 - C_2 \text{ [грн./рік]}, \quad (4.27)$$

де C_{p1} - ціна реалізації аналога, грн.;

C_{p2} - ціна реалізації нового виробу, грн.

$$\Delta C = 12500,00 - 4500,00 = 8000,00 \text{ (грн.)}$$

Висновки

Проаналізувавши усі розрахунки ми побачили, що при реалізації виробів в розмірі 275 шт. і при ціні реалізації 4500,00 грн., а також при собівартості у 2290,16 грн. прибуток виробника може скласти 345215,39 грн. за рік

Із всього вищенаведеного можна зробити висновок про доцільність нової розробки та її застосування.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Мета впровадження системи управління охороною праці – всебічне сприяння виконанню вимог, що повністю ліквідують, нейтралізують або зменшують до допустимих норм вплив на працівників шкідливих і небезпечних виробничих факторів, забезпечують безпечні ергономічні та санітарно-гігієнічні вимоги.

Незадовільний рівень охорони праці та цивільного захисту може викликати соціально-економічні проблеми працівників та членів їх сімей. Тому соціально-економічне значення охорони праці полягає в наступному: зростанні продуктивності праці, збільшенні сукупного національного продукту, зменшенні витрат на оплату лікарняних та виплат компенсацій за важкі умови праці тощо.

У даному розділі наводиться розгляд небезпечних, шкідливих і уражаючих для людини та оточуючого середовища чинників, які утворюються під час проведення розробки пристрою для електрокоагуляції. Тут висвітлюються, зокрема, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, розрахунок напруги дотику, технічні рішення з безпеки при проведенні розробки, безпека в надзвичайних ситуаціях.

В процесі розробки даного пристрою на працюючих впливають ті або інші небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп відповідно до [1].

Фізичні НШВФ: понижена або підвищена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, недостатність або відсутність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, відбита або пряма блискучість, підвищена яскравість світла.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, монотонність праці, перенапруження аналізаторів.

5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

5.1.1 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, де проводяться роботи з розробки пристрою для електрокоагуляції, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

Відповідно до [2] допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні для теплового та холодного періодів року приведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані допустимі показники мікроклімату в приміщенні [2]

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	Іа	22-28	20-30	55 при 28°С	0,1-0,2

Розкид значень температури повітря вздовж висоти робочої зони дозволяється до 3°С. При опроміненні менше 25% поверхні тіла працівника, нормована інтенсивність теплового опромінення – 100 Вт/м².

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК), що використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, з метою контролю за якістю

виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, що утворюються в даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	Параметр	Значення	Клас небезпеки
Пил нетоксичний	ГДК, мг/м ³	0,15	4
Іони n ⁺ , n ⁻	число іонів в 1 см ³ повітря	50000	–

Для встановлення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату і чистоти повітря робочої зони передбачено:

- 1) у приміщенні повинна бути встановлена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року;
- 2) щоденне вологе прибирання;
- 3) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

5.1.2 Виробниче освітлення

З метою створення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях значні вимоги пред'являються до кількісних та якісних показників освітлення.

З погляду задач зорової роботи в приміщенні, де проводяться роботи з розробки пристрою для електрокоагуляції, відповідно до [3] визначаємо, що вони відносяться до III розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – великий та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд 2.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Нормовані значення КПО та мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізн., мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення (бокове)	Суміщене освітлення (бокове)
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	III	г	великий	середній	400	200	200	2	1,2

Оскільки приміщення знаходиться в місті Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові пройми орієнтовані за азимутом 90° , то за таких умов КЕО розраховується за виразом [3, 4]

$$e_N = e_H m_N [\%], \quad (5.1)$$

де e_H – табличне значення КЕО, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

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

$$e_{N.6} = 2 \cdot 0,85 = 1,7 (\%);$$

$$e_{N.c} = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 (\%).$$

З метою встановлення нормативних значень параметрів освітлення запропоновано:

1) за недостатнього природного освітлення у світлий час доби доповнення штучним завдяки використанню газорозрядних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) використання штучного освітлення в темний час доби.

5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що під час експлуатації пристроїв крім усього іншого обладнання застосовується устаткування, робота якого супроводжується шумом та вібрацією, потрібно передбачити захист від шуму та вібрації.

Встановлено, що приміщення, в якому проводиться робота з розробки пристрою для електрокоагуляції може мати робочі місця із шумом та вібрацією, який створюється електродвигунами вентиляційної системи.

Для попередження травмування працюючих від дії шуму та вібрації вони підлягає нормуванню. Основним нормативом з питань виробничого шуму, діючим на території України, є [5], у відповідності з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в виробничих приміщеннях не повинні бути більшими ніж значення, що приведені в таблиці 5.4. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 5.5 для 3-ї категорії (технологічна) типу "в".

Таблиця 5.4 – Нормовані рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах із середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і 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 5.5 – Нормовані рівні віброприскорення [6]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних полосах із середньо-геометричними частотами, Гц						Коректовані рівні віброприскорення, дБА
2	4	8	16	31,5	63	
36	33	33	39	45	51	33

Для забезпечення нормованих параметрів віброакустичних коливань у приміщенні передбачено такі заходи:

- 1) своєчасне проведення профілактичного ремонту;
- 2) здійснення контролю рівнів шуму та вібрації.

5.1.4 Виробничі випромінювання

Аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому проводиться робота з розробки пристрою для електрокоагуляції може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів показані в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна або кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, λ	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3

Для гарантування захисту і досягнення нормативних рівнів випромінювань необхідно застосовувати екранні фільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

5.2 Технічні рішення щодо безпеки при проведенні розробки пристрою для електрокоагуляції

5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Конструкція робочого місця, взаємне розташування його елементів і його розміри повинні відповідати антропометричним, фізіологічним та психофізіологічним властивостям людини, а також характеру роботи [7].

Площа одного робочого місця повинна становити не менше 6,0 м², об'єм приміщення – не менше як 20 м³, висота – не менше 3,2 м [8].

Інтер'єр приміщень потрібно оздоблювати дифузно-віддзеркалювальними матеріалами з коефіцієнтом відбиття: стелі 0,7-0,8; стін 0,4-0,5; підлоги 0,2-0,3. Поверхня підлоги має бути гладкою, без вибоїн, не слизькою, зручною для вологого прибирання, мати антистатичні властивості. Забороняється використовувати під час оздоблення інтер'єру полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

5.2.2 Електробезпека

У середині приміщення, в якому проводиться робота з розробки пристрою для електрокоагуляції, особливу увагу слід приділити уникненню небезпеки ураження електричним струмом. У відповідності до [9] це приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність значної (понад 75 %) відносної вологості. Через це безпека експлуатації електрообладнання повинна гарантуватись комплексом заходів, що включають застосування ізоляції струмоведучих елементів, захисних блокувань, захисного заземлення та ін [10].

5.2.3 Розрахунок напруги дотику

Умова: Знайти напругу дотику, якщо через провідник і напівсферичний заземлювач на поверхні ґрунту стікає в землю струм $I_3 = 2,6$ А. Радіус напівсферичного заземлювача $r = 0,35$ м. Питомий опір ґрунту $\rho = 51$ Ом·м. Людина знаходиться на відстані $l = 1,5$ м від центра заземлювача і торкається до провідника.

Напругу дотику можна знайти за формулою:

$$U_{\text{дот}} = \varphi_3 - \varphi_{\text{осн}} \text{ [В]}, \quad (5.2)$$

де φ_3 – потенціал заземлювача, В;

$\varphi_{\text{осн}}$ – потенціал основи в тому місці, де стоїть людина, В.

Потенціал заземлювача визначається за формулою:

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi r} \text{ [В]}, \quad (5.3)$$

де I_3 – сила струму, що стікає через напівсферичний заземлювач в землю, А;

ρ – питомий опір ґрунту, Ом·м;

r – радіус напівсферичного заземлювача, м.

Потенціал основи в тому місці, де стоїть людина можна знайти за формулою:

$$\varphi_{осн} = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \text{ [В]}, \quad (5.4)$$

де l – відстань від центра заземлювача до місця, де стоїть людина, м.

Після підстановки відомих значень у формули (5.3, 5.4, 5.2), одержимо:

$$\varphi_3 = \frac{2,6 \cdot 51}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,35} = 60,328 \text{ (В)};$$

$$\varphi_{осн} = \frac{2,6 \cdot 51}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5} = 14,076 \text{ (В)};$$

$$U_{дом} = 60,328 - 14,076 = 46,252 \text{ (В)}.$$

5.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи портативного глюкометра в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

В елементній базі під дією іонізуючих випромінювань можлива зміна майже всіх електричних і експлуатаційних характеристик, що залежить від протікання процесів іонізації і порушення структури матеріалів. Основні електричні параметри, що визначають радіаційну стійкість, наведені в табл. 4.1

Таблиця 5.7 - Основні електричні параметри, що визначають радіаційну стійкість пристрою

Види і класи елементів	Найбільш критичні параметри при утворенні в елементах	
	Відновлюваних змін	Невідновлювальних змін
Транзистори	Струм через зворотньозміщений перехід	Коефіцієнт підсилення, зворотній колекторний струм
Напівпровідникові діоди	Струм насичення, пряме попадання напруги	Зворотна гілка вольт-амперної характеристики
Резистори	Опір	Опір

Практика експлуатації медичного обладнання в умовах радіоактивних випромінювань дозволяє зробити такі висновки:

1. Обладнання втрачає працездатність при деяких критичних рівнях радіації миттєво.
2. В елементах схем можуть початися відновлювані (невідновлювані) зміни при рівнях радіації значно нижчих від критичних.

При електромагнітному імпульсі може спостерігатись високі імпульси струмів і напруг в провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, систем обчислювальних машин і автоматичних систем управління, антенах радіостанцій тощо.

Імпульсна напруга найбільш легко виникає в високоомних неекранових і несиметричних колах. В результаті наявності таких кіл імпульсу струму чи напруги проникає в систему і спричинює пошкодження, ступінь яких залежить від чутливості складових системи вузлів. Серйозні пошкодження викликає електромагнітний імпульс в роботі цифрових і контрольних приладів.

Електромагнітний імпульс може поширюватися на десятки і сотні кілометрів в навколишньому середовищі і по різних комунікаціях (мережах електро- і водопостачання, провідникового зв'язку тощо), здійснюючи вплив на об'єкти там, де ударна хвиля, світлове випромінювання і проникаюча радіація втрачають своє значення як уражаючі чинники.

Електромагнітний імпульс являє собою велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від дії інших уражаючих факторів. Тому слід пам'ятати про те,

що захист апаратури від механічних пошкоджень не захищає від дії електромагнітного імпульсу. Апаратура може вийти з ладу, знаходячись в надійно захищених спорудах. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем радіоапаратури, викликає коротке замикання в радіопристроях, іонізацію діелектриків, спотворює або повністю стирає магнітний запис. Найбільш часто виходять з ладу напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори. В резисторах електромагнітний імпульс викликає іскріння в міжконтактних з'єднаннях, що приводить до локального нагріву і порушує опір покриття. В конденсаторах електромагнітний імпульс викликає нагрів шару металізації і його вигорання, порушення контактів між обкладками і выводами.

5.4.1 Дослідження стійкості роботи портативного глюкометра в умовах дії іонізуючих випромінювань

Початковими даними є:

1. Рівень радіації через 1 год. після аварії $P_{1\max} = 4,52 \text{ Р/Год.}$
2. Максимальне значення часу протягом якого повинна працювати апаратура час напрацювання на відказ $t_{p\max} = 4500 \text{ год.}$
3. Коефіцієнт ослаблення радіації $K_{\text{осл}} = 4.$
4. Час початку опромінення $t_{\text{п}} = 1 \text{ год.}$

За критерій стійкості роботи приймаємо максимальне значення експозиційної дози, при якому пристрій для електрокоагуляції буде працювати з потрібною якістю протягом часу напрацювання на відказ.

Дослідження стійкості роботи проводимо в такій послідовності:

Аналізуємо принципову електричну схему і визначаємо елементи, від яких залежить його функціонування.

За таблицями 11.2 [42] визначають граничні значення експозиційних доз, при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни, але елемент ще буде працювати. Дані заносимо в табл.5.8.

Таблиця 5.8 – граничні значення експозиційних доз

Елементи РЕА пристрою	$D_{зв\ i}, P$	$D_{зв}, P$
Діелектрик	10^{10}	10 ⁴
Кераміка	10^7	
Транзистор	10^4	
Діоди	10^4	
Резистор	10^7	
Конденсатор	10^7	
Мікросхеми	10^5	

По мінімальному значенню $D_{зв\ i}$ визначаємо границю стійкості роботи пристрою для електрокоагуляції в цілому. Це значення заносимо в табл. 5.8.

Граничне значення дози:

$$D_{гр.} = K_{пос.} * 10^4, P$$

$$D_{гр.} = 4 * 10^4, P$$

Можлива доза опромінення елементної бази в заданих умовах

$$D_M = \frac{2 \cdot P_{1max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{посл}} = \frac{2 \cdot 4,52 \cdot (\sqrt{4500} - \sqrt{1})}{4} = 149,35 [P].$$

Висновки:

максимальне значення рівня радіації $P_{1max} = 4,52 P/\text{год}$;

можлива доза опромінення $D_M = 149,35 P$;

граничне значення дози $D_{зв.} = 10^4 P$;

Оскільки $D_{зв.} \geq D_M$, то апаратура буде працювати протягом потрібного гарантійного часу стійко із заданим рівнем надійності.

5.4.2 Дослідження стійкості роботи портативного глюкометрів умовах дії електромагнітного імпульсу.

За критерій стійкості роботи радіоелектронних систем в цих умовах приймаємо коефіцієнт безпеки:

$$K_{б} = 20 \lg \frac{U_D}{U_{в(Г)}} \geq 40 \text{дБ}$$

де U_D – допустимі коливання $U_{ж}$;

$U_{в(Г)}$ – напруга наводки в вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах.

Вертикальна складова напруженості електричного поля $E_v = 10,75$ кВ/м;

Напруга живлення $U_{ж1} = 5$ В; $U_{ж2} = 220$ В. Дослідження стійкості ведеться:

1. Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля:

$$E_{Г} = 10^{-3} * E_v = 10,75 \text{ (В/м)};$$

2. Допустиме коливання:

$$U_{Д} = U_{Ж} + \frac{U_{Ж}}{100} * N \quad [N = 5 - 10\%]$$

$$U_{Д} = 220 + \frac{220}{100} * 10 = 242 \text{ (В)}$$

3. Радіоелектронна система пристрою поділяється на окремі функціональні ділянки – блок управління, блок живлення.
4. На кожній ділянці визначається максимальна довжина струмопровідних частин (в горизонтальній і вертикальній площинах) $l_{v i}$, $l_{Г i}$, м.

$$l_{v i} = 0,02 \text{ м}; \quad l_{Г i} = 0,2 \text{ м.}$$

5. Напруги наводок визначаються:

$$U_v = E_{Г} * l_{v i};$$

$$U_{Г} = E_v * l_{Г i}.$$

$$U_v = 10,75 * 0,02 = 0,16 \text{ (В)};$$

$$U_{Г} = 10,75 * 0,2 = 1,6 \text{ (В)}.$$

6. Визначається коефіцієнт безпеки: $K_{бвi}$; $K_{бГi}$

$$K_{бвi} = 20 \lg U_{Д}/U_v = 20 \lg 220/0,16 = 62 \text{ (дБ)};$$

$$K_{бГi} = 20 \lg U_{Д}/U_{Г} = 20 \lg 220/1,6 = 42,7 \text{ (дБ)}.$$

7. Потім значенню $K_{бвi}$ і $K_{бГi}$ визначається границя стійкості роботи апаратури в цих умовах, тобто визначається $K_{бвгр}$; $K_{бГ гр}$

$$K_{бвгр} = 62 \text{ дБ} > 40 \text{ дБ}; \quad K_{бГ гр} = 42,7 \text{ дБ} > 40 \text{ дБ}.$$

Висновки: оскільки $K_{бвгр} = 62 \text{ дБ} > 40 \text{ дБ}$, $K_{бГ гр} = 42,7 \text{ дБ} > 40 \text{ дБ}$, то з отриманих результатів можна зробити висновок, що умова виконується і пристрій буде працювати стійко.

5.5 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи портативного глюкометра в умовах дії загрозливих чинників НС

Найбільш ефективним способом підвищення стійкості роботи РЕА є екранування системи або її елементів. Для цього проводиться розрахунок екрану. Визначається перехідне затухання енергії електричного поля сталним екраном:

$$A = K_{\text{бном}} - K_{\text{бмін}} \quad (5.5)$$

де $K_{\text{бном}}$ - номінальний коефіцієнт безпеки ($K_{\text{бном}} - 40\text{дБ}$);

$K_{\text{бмін}}$ - мінімальний розрахунковий коефіцієнт безпеки.

Для силового кола $U_{\text{ж}} = 12\text{ В}$.

$$A = 40 + 36,6 = 76,6(\text{дБ}).$$

Товщину захисного екрану знаходимо за формулою:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \text{ (см)}. \quad (5.6)$$

де A – перехідне затухання екрану;

f – найбільш характерна частота (15 кГц);

Підвищення стійкості роботи пристрою для електрокоагуляції можна досягти шляхом посилення найбільш слабких елементів і ділянок системи, а також завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на максимальне зниження дії вражаючих факторів і створення умов для відновлення працездатності пристрою.

Завдяки впровадженню інженерно-технічних заходів можна підвищити стійкість роботи у надзвичайних ситуаціях шляхом введення сучасних систем енергозабезпечення: використання додаткових джерел енергії, наприклад, накопичуючих елементів у вигляді акумуляторів, генераторів енергії, джерел безперебійного живлення. Використання сучасного і універсального обладнання дозволить у разі необхідності швидко замінити той елемент системи, який вийшов із ладу або є слабким місцем у роботі пристрою для електрокоагуляції.

Отже в даному підрозділі нами було досліджено стійкість роботи пристрою для електрокоагуляції в умовах дії загрозливих чинників НС. З дослідження впливу електромагнітного імпульсу на стійкість роботи пристрою для

електрокоагуляції можна сказати, що система РЕА виявилася нестійкою в роботі. Застосування екранування РЕА суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Висновки до розділу

В результаті виконання цього розділу було розглянуто такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, розрахунок напруги дотику, технічні рішення з безпеки при проведенні розробки пристрою для електрокоагуляції, безпека у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської дипломної роботи було розглянуто методи вимірювання рівня цукру в крові в домашніх умовах за допомогою глюкометрів різних типів. Було визначено, що використання глюкометрів фотометричного методу має ряд переваг над іншими глюкометрами.

У розробленому техніко – економічному обґрунтуванні було висвітлено суть технічної проблеми, яка виникла на даному етапі, розглянуто існуючі способи вирішення поставленої задачі, проведено аналіз конкурентів.

Наступним кроком у виконанні магістерської дипломної роботи було дослідження основних методів вимірювання рівня цукру крові в домашніх умовах, розглянуто існуючі прилади, основні вимоги до вибору глюкометра для хворого на цукровий діабет, розглянуто існуючі структурні схеми та запропоновано нову вдосконалену структуру.

Оскільки на даний момент головною проблемою на ринку глюкометрів є залежність функціональності приладу від його ціни, то оптимальним було вибрано глюкометр вітчизняного виробника, що працює на основі фотометричного методу, тому було проведено вдосконалення його структури. Розробку було проведено з метою можливості підключення глюкометра до персонального комп'ютера та запам'ятовування декількох вимірів підряд.

Крім цього в магістерській дипломній роботі присутні розділи безпеки життєдіяльності та економічний розділ. У розділі «Безпека життєдіяльності» наведені основні вимоги до приміщення, в якому працює дослідник, тобто фактично оператор ЕОМ. Досліджено основні показники мікроклімату приміщення, показники температури, вологості повітря тощо. В економічному розділі, в свою чергу, розраховані основні витрати, необхідні для проведення дослідницької роботи, а саме витрати на техніку, оплату праці. Також виконано розрахунок економічної ефективності проведення дослідження.

Отже, в магістерській дипломній роботі, у відповідності до мети роботи, були розв'язані поставлені у технічному завданні задачі.

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. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 75с.
3. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.
4. Козловський В. О. Техніко-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 75 с.
5. Черникова П.Д. Техничко-экономические расчеты и обоснования в дипломных проектах. – Минск, 1973. – 188 с.
6. Біомедичні оптико - електронні системи і апарати . Ч .1. Неінвазивні методи діагностики серцево - судинної системи [Павлов С .В . та ін .] – Вінниця , ВДТУ , 2003. – 142 с .
7. Микрокомпьютерные медицинские системы : Проектирование и применения [Фурно Г . и др ..]. Пер . с англ .– М : Мир , 19 83 – 546 с .
8. Аналіз лазерних систем для біомедичних досліджень / Павлов С .В ., Мохамед Ель -Хатіб . // Вісник ВПІ , 2002 . - № 1. – С . 65 – 71.
9. Оптико - електронна геоінформаційно - енергетична система біомедичного призначення / Кожем 'яко В .П ., Павлов С .В ., Шевченко О .В ., Дмитрук В .В . // Оптико - електронні інформаційно - енергетичні технології . – 2006. – № 2(12). – С . 192-196.
10. Распознавание образов и медицинская диагностика / Под ред . Ю .И . Неймарка . – М .: Наука , 1972. – 328 с .
11. Ротштейн А .П . Медицинская диагностика на нечеткой логике . - Винниця , Континент , 1996. – 132 с .

12. Мустецов Н.П. Инструментальные методы медико - биологических исследований : Учеб . пособие . – Х .: ХТУРЭ , 1999.
13. Олейник В.П. Методы медико -биологических исследований / Олейник В.П., Кулиш С.Н., Овчаренко В.Е. : Учеб . пособие . – Х .: Нац . аэрокосм . ун -т «Харьк . авиац . ин -т », 2003.
14. Попечителей Е.П. Инженерные аспекты медико - биологических исследований . – Л .: ЛЭТИ , 1985.
15. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика .- М .: Высш . шк ., 1987.
16. Смердов А.А. Біомедичні вимірювальні перетворювачі/Смердов А.А., Сторгун Є.В. – Л .: Львівська політехніка , 1997.
17. Физика визуализации изображений в медицине : в 2–х томах . Т . 2: Пер . С англ . / Под ред . С . Узбба . – М .: Мир , 1991. – 408 с ., ил .
18. Знайди ключі для контролю діабету! – Київ: РВА «Тріумф», 2004. – 64 с. Науменко В.Г., Пхакадзе О.Г., Сакало О.А.
19. Біомедичні сигнали та їх обробка / В.Г.Абакумов, В.О.Геранін, О.І.Рибін, - К.: ВЕК+, 1997. – 245 с. 18. ГОСТ 4.485-87. Система показателей качества продукции. Аппараты электрохирургические высокочастотные. Номенклатура показателей – Москва: Министерство здравоохранения СССР, 1989. – 11 с.
20. Парфенов Е.М. Проектирование конструкций РЕА. – М.: Радио и связь, 1989. – 296 с.
21. www.orcad.com.
22. Дульнев Г.И., Тарковський Н.И. Тепловые режимы радиоэлектронной аппаратуры. – Л.: Энергия, 1971. – 248 с.
23. Яншин А.А. Теоретические основы конструирования, технологии, надежности ЭВА: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1983. – 312 с.
24. Калінін В.І., Костюк О.А., Грудін А.А. Математичні моделі та методика оцінки експлуатаційної надійності елементів і виробів електронної техніки. Частина I, II, III. Навчальний посібник/ В.: ВДТУ, 1999 – 196 с.

25. Варламов Р.Г, Евдокимов Р.С. Компоновка радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Советское радио, 1975 – 375 с.
26. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Конструювання електронної апаратури". / Укладачі Є.Й. Волуєвич, Р.Ф.Лободзинська та ін. – Вінниця.: ВДТУ, 1997. – 84 с.
27. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы.
28. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
29. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
30. СНИП II-4-79 Естественное и искусственное освещение.
31. СН 3223-85 Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах.
32. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность.
33. ГОСТ 12.1.018-86 Пожаровзрывоопасность статического электричества.
34. СНИП 2.04.05-86 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
35. ОНТП 24-86 Общесоюзные нормы технологического проектирования. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
36. СНИП 2.09.02-85 Производственные здания.
37. 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.
38. Геврик Е. О. Охорона праці : Навч. Посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003.-280с.
39. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Охорона праці". Для студентів всіх спеціальностей. / Укладач Бондаренко Е. А. – Вінниця : ВДТУ, 1999.- 16с.
40. Сивко В. Й. Розрахунки з охорони праці: Навч. посібник / МО і науки України. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 152 с.

41. 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.

42. Сакевич В. Ф. Основи питань цивільної оборони в дипломних проектах : Навч. Посіб. / МО і науки України. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 108с.

43. ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

44. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

45. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

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

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

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

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

50. 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.

51. Правила улаштування електроустановок. 2-е вид., перероб. і доп. – Х: "Форт", 2009. – 736 с.

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

53. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об’єктів будівництва.

54. СНиП 2.09.02-85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

55. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БМІ

д.т.н., проф. С.М. Злепко

“ _____ ” _____ 2019р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОГО ГЛЮКОМЕТРА

08-35.МКР.170.04.000 ТЗ

Керівник МКР

д.т.н. проф. кафедри БМІ

Злепко С.М.

Виконавець: ст.гр. БМА-18м

Фурман В.А.

Вінниця 2019

1. Назва МКР: Дослідження та розробка портативного глюкометра
2. Виконавець МКР: студент групи БМА-18м Фурман В.А.
3. Підставою для виконання МКР є протокол засідання кафедри БМІ №1 від 29.08.2019р.

4. Мета виконання МКР і призначення продукції: дослідження та розробка портативного глюкометра, з можливістю виконання приладом функції неінвазивного рівня цукру в крові, що забезпечує безкровну процедуру.

5 Джерела розробки:

1. Біомедичні оптико - електронні системи і апарати . Ч .1. Неінвазивні методи діагностики серцево - судинної системи [Павлов С .В . та ін .] – Вінниця , ВДТУ , 2003. – 142 с .
2. Микрокомпьютерные медицинские системы : Проектирование и применения [Фурно Г . и др ..]. Пер . с англ .– М : Мир , 19 83 – 546 с .
3. Аналіз лазерних систем для біомедичних досліджень / Павлов С .В ., Мохамед Ель -Хатіб . // Вісник ВПІ , 2002 . - № 1. – С . 65 – 71.
4. Оптико - електронна геоінформаційно - енергетична система біомедичного призначення / Кожем 'яко В .П ., Павлов С .В ., Шевченко О .В ., Дмитрук В .В . // Оптико - електронні інформаційно - енергетичні технології . – 2006. – № 2(12). – С . 192-196.
5. Распознавание образов и медицинская диагностика / Под ред . Ю .И . Неймарка . – М .: Наука , 1972. – 328 с .
6. Ротштейн А .П . Медицинская диагностика на нечеткой логике . - Винница , Континент , 1996. – 132 с .
7. Мустецов Н .П . Инструментальные методы медико - биологических исследований : Учеб . пособие . – Х .: ХТУРЭ , 1999.
8. Олейник В .П . Методы медико -биологических исследований / Олейник В .П .,Кулиш С .Н ., Овчаренко В .Е .: Учеб . пособие . – Х .: Нац . аэрокосм . ун -т «Харьк . авиац . ин -т », 2003.
9. Попечителев Е .П . Инженерные аспекты медико - биологических исследований . – Л .: ЛЭТИ , 1985.

10. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. - М.: Высш. шк., 1987.

6. Технічні вимоги:

6.1 Призначення: пристрій відноситься до медичної апаратури.

Параметри:

– напруга живлення, В	5
– споживана потужність, Вт, не більше	0,8

6.2 Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів:

Вимоги міцності при транспортуванні:

– тривалість ударного імпульсу, мс	1...5
– прискорення пікове, g	10
– загальне число ударів, не менше	1000
– число ударів в хвилину	40...80

Вимоги до ударної міцності:

– тривалість ударного імпульсу, мс	5...10
– прискорення пікове, g	15
– загальне число ударів, не менше	4200

Експлуатаційні параметри:

– температура, °С	5...+40
– відносна вологість, %	80

6.3 Вимоги надійності:

– середнє напрацювання на відмову, годин	2500
--	------

6.4 Вимоги до конструкції:

– вага, не більше, кг	4
– об'єм, не більше, см ³	2500

6.5 Вимоги технологічності: пристрій виробляти 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: слід використовувати доступну елементну базу, виконати прилад з урахуванням можливості заміни елементів в майбутньому.

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 3 років.

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

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

10. Вимоги до розробленої документації:

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

11. Стадії та етапи МКР:

11.1 Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. аналітичний огляд питання;
2. дослідження методів вимірювання рівня цукру в крові;
3. Конструкторсько-технологічний розділ.
4. Економічна частина;
5. Розділ охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

11.2 Перелік графічного матеріалу:

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

Таблиця 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 _____ Фурман В.А.