

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

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до магістерської кваліфікаційної роботи  
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

на тему:

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ  
ПРИСТРОЮ МОБІЛЬНОГО КАРДІОМОНІТОРИНГУ**

**08–35.МКР.137.06.000 ПЗ**

Виконав: студент 2-го курсу, гр. БМА – 18 мі  
спеціальності 163 – «Біомедична інженерія»

Крекотень Є. Г. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., доцент кафедри БМІ

Коваль Л. Г. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. РТ

Шеремета О. П. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

Кафедра біомедичної інженерії

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 163 – «Біомедична інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БМІ

д.т.н., професор Злепко С. М.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року

### **З А В Д А Н Н Я**

на магістерську кваліфікаційну роботу студенту  
групи БМА – 18 мі Крекотеню Євгену Геннадійовичу

---

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Дослідження та розробка конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу»

керівник роботи: Коваль Леонід Григорович, к.т.н., доцент кафедри БМІ,  
затверджені наказом закладу вищої освіти від «02» жовтня 2019 року № 254.

2. Строк подання роботи студентом до 01.12.2019 року.

3. Вихідні дані для роботи: напруга живлення 5 В; розсіювана потужність до 10 Вт; струм споживання не більше 1000 мА; об'єм не більше 720 см<sup>3</sup>; маса пристрою не більше 500 г; габаритні розміри не більше 120 × 120 × 50 мм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналітичний огляд питання; моніторинг показників серцево-судинної системи людини; конструкторсько-технологічний розділ; економічна частина; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): схема електрична структурна, схема електрична принципова, робочий кресленик друкованої плати, складальний кресленик друкованого

вузла.

### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Коваль Л. Г., к.т.н., доцент кафедри БМІ		
Економічна частина	Кавецький В. В., ст. викладач каф. ЕПВМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Березюк О. В., к.т.н., доцент каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання: 03 жовтня 2019р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання
1	Розробка технічного завдання до МКР	до 20.10.2019
2	Техніко-економічний аналіз завдання, економічного середовища, обґрунтування вихідних даних та оптимального варіанту розробки	до 01.11.2019
3	Розв'язання основної конструкторської задачі	до 15.11.2019
4	Розрахунок техніко-економічних показників	до 20.11.2019
5	Розробка заходів з охорони праці та безпеки у НС	до 25.11.2019
6	Оформлення графічної частини та пояснювальної записки	до 01.12.2019
7	Попередній захист	06.12.2019

Студент

\_\_\_\_\_ Крекотень Є. Г.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Коваль Л. Г.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )



## **АНОТАЦІЯ**

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та розробці конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу для застосування в медицині, який володіє здатністю тривалого відтворення електрокардіограми.

Перший розділ присвячено аналітичному огляду питання кардіомоніторингу. У другому розділі розглядаються основи моніторингу показників серцево-судинної системи людини. Третій розділ присвячено безпосередньо розробці конструкції пристрою. У четвертому розділі економічними розрахунками доводиться доцільність запровадження результатів НДДКР. П'ятий розділ присвячено вирішенню питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Було створено ряд графічних матеріалів: схему електричну структурну, схему електричну принципову, перелік елементів, робочий кресленик друкованої плати, складальний кресленик друкованого вузла та специфікацію до нього.

## **ABSTRACT**

This master's qualification work is devoted to the research and development of the design of the device mobile cardiomonitring for use in medicine, which has the ability to long-term reproduction of electrocardiogram.

The first section is devoted to an analytical review of the issue of cardiac monitoring. The second section discusses the basics of monitoring the human cardiovascular system. The third section is devoted directly to the design of the device. In the fourth section, economic calculations account for the feasibility of introducing R & d results. The fifth section is devoted to the solution of questions of labour protection and safety in emergency situations.

A number of graphic materials have been created: an electrical structural dia-

gram, an electrical schematic diagram, a list of elements, a working circuit board of a circuit board, an assembly drawing of a printed circuit board and a specification to it.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПИТАННЯ .....	11
1.1 Загальні принципи моніторингу стану людини .....	11
1.2 Загальні відомості про електрокардіомонітори .....	17
1.3 Основні медичні та експлуатаційні вимоги до кардіомоніторів .....	21
1.4 Параметри електрокардіосигналу для кардіомоніторингу .....	24
1.5 Класифікація кардіомоніторів .....	25
1.6 Обґрунтування та вибір аналога .....	27
1.7 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДДКР ..	30
1.8 Оцінювання комерційного потенціалу розробки .....	31
1.9 Оцінювання рівня новизни розробки .....	35
1.10 Оцінювання рівня якості інноваційного рішення .....	39
1.11 Оцінювання конкурентоспроможності нової розробки .....	41
1.12 Висновки щодо виконання першого розділу .....	44
2 МОНІТОРИНГ ПОКАЗНИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ .....	45
2.1 Будова серцево-судинної системи людини .....	46
2.2 Електрофізіологічні основи формування електрокардіограми .....	48
2.3 Класична техніка та методика реєстрації ЕКГ .....	55
2.3.1 Методика реєстрації електрокардіограми .....	55
2.3.2 Формування елементів нормальної ЕКГ та її характеристика .....	57
2.3.3 Характеристика нормальних зубців шлуночкового комплексу .....	61
2.4 Висновки щодо виконання другого розділу .....	64
3 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	65
3.1 Розробка структурної схеми приладу .....	65
3.2 Загальний огляд принципу роботи пристрою .....	66
3.3 Вибір та аналіз елементної бази .....	69
3.4 Компонування пристрою .....	74
3.4.1 Задачі та загальні відомості про комплектування .....	74

3.4.2	Компонування пристрою у середовищі SolidWorks .....	75
3.4.3	Вибір способу виготовлення та матеріалу корпусу .....	79
3.5	Вибір типу друкованої плати та способу її виготовлення .....	81
3.6	Вибір та обґрунтування класу точності друкованої плати .....	84
3.7	Вибір матеріалу для друкованої плати .....	84
3.8	Вибір та опис методів і засобів проектування друкованої плати .....	87
3.9	Розрахунок діаметрів контактних площинок .....	88
3.10	Розрахунок ширини друкованих провідників .....	90
3.11	Трасування друкованої плати .....	91
3.12	Технологія виготовлення ДП обраним методом .....	98
3.13	Вібророзрахунок друкованої плати .....	100
3.14	Розрахунок на завадостійкість .....	103
3.15	Комп'ютерне моделювання частини схеми пристрою .....	105
3.16	Висновки щодо виконання третього розділу .....	107
4	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	109
4.1	Розрахунок кошторису витрат на проведення НДДКР .....	109
4.2	Калькуляція виробничої та повної собівартості кардіомонітора .....	119
4.3	Розрахунок ціни реалізації мобільного кардіомонітора .....	128
4.4	Оцінювання економічної ефективності інноваційного рішення .....	130
4.5	Висновки щодо виконання четвертого розділу .....	135
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	136
5.1	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії .....	137
5.1.1	Мікроклімат та склад повітря робочої зони .....	137
5.1.2	Виробниче освітлення .....	139
5.1.3	Виробничі віброакустичні коливання .....	140
5.1.4	Виробничі випромінювання .....	143
5.2	Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки .....	144
5.2.1	Безпека щодо організації робочих місць .....	144
5.2.2	Електробезпека .....	145
5.2.3	Пожежна безпека .....	145



5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	147
5.3.1 Дослідження стійкості роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу в умовах дії іонізуючих випромінювань .....	149
5.3.2 Дослідження стійкості роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу в умовах дії електромагнітного імпульсу .....	151
5.3.3 Розробка заходів щодо підвищення стійкості роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу в умовах дії на нього загрозливих чинників надзвичайної ситуації .....	153
5.4 Висновки щодо виконання п'ятого розділу .....	154
ВИСНОВКИ .....	155
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	158
ДОДАТКИ .....	175
ДОДАТОК А – Технічне завдання .....	176
ДОДАТОК Б – Схема електрична структурна .....	181
ДОДАТОК В – Схема електрична принципова .....	182
ДОДАТОК Г – Перелік елементів .....	183
ДОДАТОК Д – Плата друкована .....	184
ДОДАТОК Е – Складальний кресленик .....	185
ДОДАТОК Ж – Специфікація .....	186
ДОДАТОК И – Алгоритм програми .....	187
ДОДАТОК К – Лістинг програми .....	195

## ВСТУП

Значення та роль наукових робіт, пов'язаних із проведенням досліджень, розробкою оптимальної конструкції і технології виробництва, у загальному процесі створення радіоелектронної апаратури (РЕА) усе більше зростає. Це пов'язано, з одного боку, із підвищенням ступеня інтеграції застосовуваної мікроелектронної елементної бази, що вимагає нових підходів до вирішення завдань компонування, завадостійкості, забезпечення нормальних теплових режимів та високої надійності конструкцій. А з іншого боку – із розширенням сфер застосування РЕА, що вимагає запровадження та використання сучасних методів конструювання і технологічних процесів, які забезпечують оптимальне поєднання необхідних експлуатаційних та економічних показників. Саме тому від правильності розв'язання конструкторських та технологічних проблем при проектуванні РЕА залежать у кінцевому підсумку її реальні споживчі якості [1].

Під конструкцією РЕА розуміється сукупність елементів та деталей із різними фізичними властивостями і формами, які перебувають у певному просторовому, механічному, тепловому, електромагнітному та енергетичному взаємозв'язку. Цей взаємозв'язок визначається електричними схемами та конструкторською документацією і забезпечує виконання радіоелектронною апаратурою заданих функцій з необхідною швидкодією, точністю та надійністю в умовах впливу на неї багатьох факторів: експлуатаційних, виробничих та людських [1].

Сучасний етап розвитку науково-технічного прогресу характеризується надзвичайно широким застосуванням радіоелектроніки і мікроелектроніки в усіх сферах життя та діяльності людини. Важливу роль при цьому відіграла поява та швидке вдосконалення інтегральних мікросхем – основної елементної бази теперішньої електроніки. Інтегральні мікросхеми широко застосовуються в переважній більшості обчислювальних машин і комплексів, у електронних пристроях автоматики, цифрових вимірювальних приладах, апаратурі зв'язку та передачі даних, медичній і побутовій апаратурі, у приладах та обладнанні для

виконання наукових досліджень [2], спеціалізованій апаратурі і т. д. Саме в наш час відбувається бурхливий розвиток такого порівняно нового напрямку в радіoeлектроніці, як мікропроцесорна техніка. Завдяки новітнім технологіям сучасна промисловість навчилася випускати широкий асортимент відносно недорогих функціональних мікропроцесорних пристроїв і систем. Їх основою є спеціальні інтегральні мікросхеми – мікроконтролери (МК), які призначені для керування різними радіoeлектронними пристроями та все більш інтенсивно проникають у наш побут, оскільки суттєво розширюють можливості техніки [3, 4].

Мікроконтролер, на відміну від переважної більшості інших електронних компонентів, не володіє жорстко фіксованим набором своїх функціональних характеристик. Його характеристики визначаються під час проектування системи за допомогою процесу, який називається програмуванням. Практично необмежений діапазон різних програмованих функціональних можливостей мікроконтролера надає цьому компоненту особливого значення [5]. У даний час МК широко використовуються у сучасних конструкціях автоматизованого обладнання у зв'язку з тим, що їх застосування суттєво знижує витрати на розробку і виготовлення продукції, а також дозволяє значно підвищити його реальну функціональність [6]. Нескінченно об'ємною та важливою сферою застосування мікроконтролерів є різноманітна вимірювальна техніка. Поява перших мікроконтролерних вимірювальних приладів, так званих «інтелектуальних» пристроїв, визначила новий напрям розвитку сучасного приладобудування. По мірі перебігу процесу вдосконалення мікропроцесорної техніки складність цих приладів стрімко зростає, і так ще більшою мірою реалізуються можливості мікроконтролерів. Повсюдне використання МК визначило новий підхід як до проектування, так і до експлуатації усіляких пристроїв [7]. Навіть в області біомедичного апаратобудування МК широко використовуються в конструкціях сучасних приладів для функціональної діагностики і терапевтичного обладнання [8, 9].

Протягом останнього століття спостерігався надзвичайно інтенсивний

розвиток медичної науки і практики. У цьому прогресі величезну роль відіграла техніка. До теперішнього часу на межі медицини, з одного боку, та радіоелектроніки – з іншого, утворився окремий напрямок – біомедична радіоелектронна техніка [10]. Важко назвати хоча б одну галузь експериментальної, лікувальної або профілактичної медицини, яка могла б розраховувати навіть на малий успіх без застосування електронної апаратури. Інструментальні методи знайшли широке застосування в клінічних і амбулаторних умовах, в курортно-санаторній практиці та центрах реабілітації, в оздоровчо-відновних і спортивних центрах. Без спеціальних методичного і технічного забезпечень неможливі космічні і підводні дослідження, ергономічна й інженерно-психологічна експертиза автоматизованих комплексів «людина-техніка», яка пов'язана з поточною діагностикою стану людини-оператора та визначенням ступеня напруженості її праці. Системи контролю стану працюючої людини проникли і в сферу виробництва, де вони дозволяють спостерігати за рівнем працездатності та втомі, правильно організувати режим праці і відпочинку, розробити рекомендації по безпечним прийомам виконання виробничих функцій, тобто вони сприяють підвищенню продуктивності праці зі збереженням високої працездатності працівника [11].

Сьогодні вже неможливо уявити медицину і без застосування електронної медичної діагностичної апаратури. Однією з основних задач медичного контролю за станом людини є діагностика рівня її здоров'я з метою своєчасного виявлення патологічних процесів, наявності інфекцій в організмі, схильності до патологій і прогнозування їх розвитку, реабілітації людини під час одужання [10].

Широке поширення в медичній практиці апаратури моніторингового контролю стану пацієнтів, яка дозволяє вести спостереження за змінами показників фізіологічних систем організму, відкриває великі можливості у вдосконаленні лікувально-діагностичних методів медицини критичних станів. Саме в цій області медицини життєво важливим є безперервний контроль та прогнозування змін стану пацієнтів на тлі проведення ряду необхідних

лікувальних процедур.

Сучасною тенденцією вдосконалення апаратури моніторингового контролю, яка використовується в кардіології, анестезіології, реаніматології та інтенсивній терапії, є розширення застосування інтелектуальних технічних засобів, що дають змогу представляти результати вимірювання фізіологічних параметрів організму у вигляді діагностичних показників, які визначають стан пацієнта.

Створення таких засобів вимагає від розробника нової біомедичної техніки глибокого розуміння медичних проблем клінічного моніторингу, що дозволяє не тільки отримати необхідну діагностичну інформацію, але і представити її мовою, зрозумілою для лікаря. З одного боку, це дає змогу швидко оцінити стан пацієнта, з іншого – правильне тлумачення показань приладів вимагає від лікаря знання методик одержання і обробки даних, реалізованих в апаратурі [12].

Ефективність сучасних медичних технологій тісно взаємопов'язана з удосконаленням методів та інструментальних засобів спостереження за станом хворих у процесі лікування. Підвищення доступності й ефективності терапії та повернення пацієнтів до активного життя пов'язане із своєчасним виявленням захворювань і швидким наданням відповідної кваліфікованої допомоги. Особливим чином вищенаведені твердження стосуються галузі кардіології, оскільки профілактика і рання діагностика серцевих захворювань та їх наслідків є набагато ефективнішими, ніж лікування недугів, які вже виникли. Ішемічна хвороба серця (ІХС) є основною причиною смерті в економічно розвинених країнах і виходить на перше місце в структурі смертності та захворюваності в країнах, що розвиваються [13]. В Україні причиною загибелі людей у 70 % випадків є серцево-судинні хвороби. Це – інфаркти, інсульты, порушення ритму серця, серцева недостатність. Але найчастіше люди помирають внаслідок ішемічної хвороби серця. Саме вона складає той плацдарм, на якому розвиваються ці важкі серцево-судинні події, зокрема й раптова серцева смерть (коли людина помирає неждано і їй не встигають

надати медичну допомогу). У різних країнах, незважаючи на розвиток цивілізації суспільства, ця причина спостерігається у 50 % випадків. Слід також відмітити, що в нашій країні показники смертності внаслідок серцево-судинних захворювань є одними з найвищих у світі. Тому це дуже нагальна проблема, яка потребує державної уваги, нових технологій задля того, щоб кількість подібних фатальних випадків у державі зменшувалася [14].

Отже, розповсюджені захворювання кардіологічного профілю – реальність наших днів. Необхідно постійно стежити за станом хворих, удосконалювати методи і технології діагностики стану людини, достовірність та оперативність. Для цього потрібний системний підхід до діагностики на основі комплексного аналізу найбільш важливих параметрів серцево-судинної діяльності (ССД) та створення новітніх засобів оперативного контролю останньої [13, 15, 16]. Вищесказане свідчить про неабияку актуальність досліджень та розробок, пов'язаних із кардіомоніторингом – процесом довготривалого контролю показників електрокардіограми (ЕКГ) та частоти серцевих скорочень (ЧСС) з можливою реєстрацією їх порушень, відхилень від норми серцевого ритму та провідності, рівня артеріального тиску, показників сатурації кисню. Кардіомоніторинг проводиться за допомогою спеціальних пристроїв – кардіомоніторів [17].

*Кардіомонітор* – комплекс приладів і апаратів, які забезпечують можливість тривалого та безперервного спостереження за серцевою діяльністю людини, сигналізації про порушення серцевого ритму, а також електричної стимуляції серця [18]. Сьогодні у клінічній практиці широко використовують методи тривалої реєстрації електрокардіограми за допомогою портативних кардіомоніторів. У них оцінка параметрів серцевого ритму ведеться за результатами реєстрації ЕКГ сигналу або за даними периферичної пульсації крові [12, 19, 20].

**Об'єкт роботи** – сучасні засоби біомедичного призначення для неперервного моніторингу параметрів серцево-судинної діяльності організму людини.

**Предмет роботи** – конструкція пристрою мобільного кардіомоніторингу.

**Метою** даної магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження та розробка конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу для застосування в медицині, що володітиме здатністю тривалого відтворення електрокардіограми в режимі реального часу та зможе відображувати частоту серцевих скорочень.

Для успішного досягнення поставленої мети, чіткого розуміння напрямку нашої подальшої роботи та її виконання у логічній послідовності обґрунтуємо, у чому полягає потреба і доцільність розроблюваного приладу в теперішній час.

Оскільки сьогодні на українському ринку біомедичної радіоелектронної техніки існує гостра потреба в пристрої мобільного кардіомоніторингу, яка зумовлена практичною відсутністю подібних пристроїв із визначеними можливостями, параметрами та функціоналом, то виникає необхідність такої розробки.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПИТАННЯ

### 1.1 Загальні принципи моніторингу стану людини

Підвищення ефективності сучасних медичних технологій тісно пов'язане із вдосконаленням методів та інструментальних засобів діагностики [21] й об'єктивного контролю стану людини. У медицині критичних станів проблема безперервного стеження за діагностичною інформацією про стан хворого займає особливе місце, оскільки контроль поточного рівня здоров'я може відігравати життєво важливу роль для пацієнта. Побудова інструментальних засобів діагностики стану пацієнтів заснована на реєстрації та вимірюванні фізіологічних показників, що характеризують роботу найважливіших систем організму.

Розвиток техніки і, особливо електроніки, призвів до створення високочутливих методів реєстрації біологічних сигналів та ефективних засобів їх обробки і отримання потрібних діагностичних даних. Біологічні сигнали являють собою різноманітні за характером прояви (електричні, механічні, хімічні, та ін.) діяльності фізіологічних систем організму. Знання параметрів та характеристик біологічних сигналів доповнює клінічну картину захворювання об'єктивною діагностичною інформацією, що вже дозволяє спрогнозувати розвиток стану.

Одними з перших технічних засобів, які використовувалися лікарями для цілей медичної діагностики, були звичайні ртутні термометри (прості фізичні прилади Г. Фаренгейта для визначення температури тіла) та стетоскопи (звукопідсилювальні трубки для прослуховування шумів серця і дихання) Р. Лаєнека.

Один з основних діагностичних методів медицини критичних станів [12], пов'язаний із застосуванням технічних засобів, – це клінічний моніторинг (від лат. *monitor* – застерігаючий, попереджуючий), що дає можливість лікареві постійно стежити за зміною в часі певних фізіологічних показників організму. Безперервний контроль поточних значень цих даних дозволяє виявляти



тенденції їх пертурбацій, визначати відхилення від загальноприйнятих норм з метою попередження небезпек та ускладнень, які можуть виникати в процесі лікування.

Для медицини критичних станів важливим є стеження за життєво важливими біосигналами, які дозволяють знайти показники серцево-судинної системи (ССС), центральної нервової системи (ЦНС) і функції зовнішнього дихання.

Методи дослідження фізіологічних процесів, які використовуються в апаратурі клінічного моніторингу, повинні забезпечувати неперервність реєстрації біологічних сигналів в реальному масштабі часу в поєднанні з високою діагностичною цінністю показників, що отримуються в результаті наступної обробки.

Цим вимогам відповідає ряд методів дослідження фізіологічних систем організму, які широко використовуються в медицині задля отримання фізіологічної інформації за допомогою різної апаратури функціональної діагностики.

*Електрокардіографія* – метод дослідження біоелектричної активності серця, здійснюваний за допомогою реєстрації та наступної обробки біопотенціалів серця на поверхні тіла в стандартних точках (відведеннях) – електрокардіограми, контурний аналіз якої дозволяє проводити діагностику цілого ряду захворювань та хворобливих станів. Електрокардіографія використовується в моніторах для візуального спостереження ЕКГ з метою діагностики порушень, які виникають, а також стеження за показниками варіабельності серцевого ритму, які відображають протікання регуляторних процесів в організмі. Тривала реєстрація і аналіз ЕКГ (24, 48, 72 години) (холтерівський моніторинг) дозволяє виявити порушення, які виникають під час нормальної життєдіяльності людини.

*Електроенцефалографія* – метод дослідження біоелектричної активності головного мозку, що здійснюється шляхом реєстрації біопотенціалів на поверхні голови в стандартних точках та надає інформацію про

функціональний стан мозку і його окремих ділянок. Використовується під час моніторингу активності ЦНС, зокрема, при визначенні глибини анестезії за допомогою біспектрального аналізу, а також шляхом оцінки слухових викликаних потенціалів мозку.

*Імпедансна плетизмографія* (електроплетизмографія, реографія) – метод дослідження параметрів центральної та регіонарної гемодинаміки, заснований на вимірюванні змін опору ділянки біологічних тканин, які містять обстежувані кровоносні судини, змінному електричному струму низької інтенсивності. За моніторингу параметрів гемодинаміки (ЧСС, ударного об'єму, загального периферичного опору, параметрів венозного відділу кровообігу та ін.) оцінюється пульсуюча складова опору тканин, зумовлена зміною інтенсивності кровотоку. При моніторингу вмісту і розподілу рідини в організмі оцінці підлягає активна та реактивна складові біоімпедансу тіла на різних частотах. У багатоканальних моніторах метод імпедансної плетизмографії часто використовується для стеження за параметрами дихання, зокрема для визначення змін частоти подиху.

*Фотоплетизмографія* – метод дослідження периферичної гемодинаміки, заснований на вивченні поглинання світла, яке проходить через досліджувану ділянку тканини з пульсуючою кров'ю. Фотоплетизмографія використовується в моніторингових приладах для вимірювання ЧСС, величини інтенсивності пульсації кровотоку та для визначення сатурації гемоглобіну крові киснем [22].

*Осцилометрія* – метод дослідження параметрів периферичної гемодинаміки, що здійснюється шляхом реєстрації і аналізу пульсацій тиску в оклюзійній манжеті, яка стискає досліджувану судину. Осцилометрія використовується в приладах клінічного моніторингу для стеження за артеріальним тиском крові.

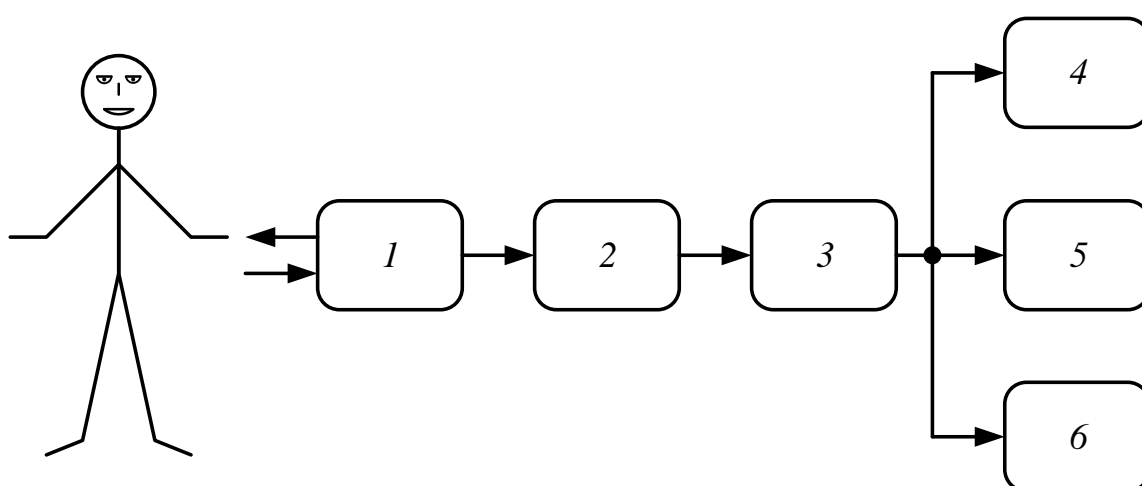
*Оксиметрія і капнометрія* – методи дослідження функції зовнішнього дихання, засновані на аналізі елементного складу газів, які видихаються, або газів, що містяться в крові досліджуваних ділянок тканин. Здійснюється в клінічному моніторингу з метою спостерігаючого оцінювання концентрації

кисню чи вуглекислого газу в повітрі, що видихається, а також вимірювання величини парціальної напруги кисню в крові або сатурації гемоглобіну крові киснем [12].

Розвиток засобів реєстрації та методів обробки біологічних сигналів, а також широке використання мікропроцесорної техніки призвело до об'єднання окремих приладів вимірювання і контролю фізіологічних параметрів у моніторингові системи, які дозволяють проводити комплексну оцінку стану пацієнта.

У клінічних моніторингових системах, загальний вигляд структурної побудови яких висвітлено на рисунку 1.1, здійснюються збір фізіологічних даних, аналіз отриманої інформації, вимірювання діагностичних показників і представлення визначених результатів у зручному для сприйняття фахівця вигляді [21].

Збір даних у моніторингових системах заснований на реєстрації біологічних сигналів, визначенні їх параметрів, які відображають протікання фізіологічних процесів в організмі, перетворенні отриманих фізіологічних параметрів у цифрову форму для їх обробки і аналізу засобами обчислювальної техніки [12].



(1 – датчики фізіологічних параметрів; 2 – блок первинної обробки даних;  
3 – блок аналізу інформації; 4 – реєстратор; 5 – дисплей; 6 – пам'ять)

Рисунок 1.1 – Структурна побудова медичного монітора [21]

Фізіологічні параметри організму людини можуть бути визначені при реєстрації або безпосередньо, як вимірювані фізичні величини (наприклад, температура, тиск, біоелектричні потенціали), або як величини, що характеризують взаємодію фізіологічних процесів організму з фізичними полями (наприклад, як величина ослаблення оптичного випромінювання, ультразвуку, електромагнітних хвиль, що пройшли через досліджувані тканини).

Для реєстрації та вимірювання фізіологічних параметрів призначені датчики, які містять у своєму складі чутливі елементи, що перетворюють біологічний сигнал досліджуваного фізіологічного процесу на електричний сигнал [12].

Аналіз даних в медичних моніторах включає в себе деяку первинну обробку електричних сигналів, які надходять від датчиків, наприклад, підсилення сигналів, фільтрацію перешкод, аналого-цифрове перетворення, вимірювання амплітудно-часових характеристик сигналів (наприклад,  $RR$  – інтервалів ЕКГ для визначення ЧСС), що мають у ряді випадків окрему діагностичну цінність.

Найпростішим варіантом аналізу даних, що використовується в простих моніторах, є пороговий контроль величини поточних значень фізіологічних параметрів з увімкненням тривожної сигналізації при наближенні значення контрольованого параметра до заздалегідь заданої, тобто «небезпечної» величини.

Наступна обробка сигналів у моніторингових системах ведеться за допомогою засобів мікропроцесорної техніки, які надають великі можливості з реалізації складних діагностичних алгоритмів обробки фізіологічної інформації, зокрема, дозволяють проводити спектральний, статистичний, регресійний та чимало інших методів математичного аналізу сигналів, що контролюються.

Водночас можливості цифрової обробки сигналів у моніторах спрощують

побудову сучасної апаратури – реалізацію багатоканального відображення фізіологічних кривих на графічних дисплеях, організацію пам'яті даних, передачу інформації цифровими мережами, формування баз даних для відкладеного аналізу і т. д. Цифрова обробка даних у нових моніторах дозволяє провести складний багатопараметровий аналіз отримуваної фізіологічної інформації, що призводить до зниження впливу артефактів, які виникають при реєстрації сигналів.

Використання теперішніх комп'ютерних засобів обробки даних дає можливість представляти всю інформацію, яка надходить від реєструючої апаратури в зручному для лікаря вигляді. У «інтелектуальних» моніторах здійснюється перехід від контролю окремих фізіологічних параметрів до спостереження за змінами інтегральних показників, що характеризують поточний стан пацієнта.

Інтегральний показник стану організму може бути визначений за способом формування узагальненого критерію на основі міри відхилення часткових критеріїв від деякої «ідеальної» альтернативи. В якості міри узагальненого критерію стану може бути використана ступінь відповідності значень фізіологічних параметрів, у період часу, що розглядається, межах їх динамічної норми.

Величина інтегрального показника стану може бути знайдена як мінімальна відстань між точкою багатовимірною ряду нормованих значень фізіологічних параметрів і областю ряду, яка відповідає динамічній нормі. Відносна зміна відстані, що вимірюється в різний час, описує динаміку зміни стану пацієнта.

На основі стеження за зміною інтегрального показника стану будуються прості та наочні способи відображення інформації. Наприклад, в одній з таких систем на головний дисплей спостереження за станом хворих у лікарняних палатах виводиться план відділення з розташуванням палат і розміщенням у них пацієнтів. Кожне місце в палаті відображається на плані у вигляді визначеної кольорової піктограми. Зміна кольору цієї піктограми від зеленого

до червоного відповідає зміні показника стану пацієнта від норми до «тривоги» та легко розпізнається медичним персоналом, який проводить цілодобове спостереження.

Останніми роками моніторингові системи успішно перетворюються в клінічні інформаційні системи, які володіють широкими можливостями з використання медичних баз даних. У таких системах реалізується концепція «гнучкого» моніторингу, заснована на використанні технології комп'ютерних локальних мереж. Кожен моніторинговий прилад, що бере участь у контролі та керуванні станом пацієнта, оснащується «мережевою картою» – пристроєм, за допомогою якого вихідні дані приладів приводяться до єдиного стандартного вигляду для здійснення обміну даними в комп'ютерній мережі клініки. Приліжкові монітори, пульсоксиметри, інфузійні дозатори, наркозно-дихальна та інша апаратура з'єднуються з центральним комп'ютером – робочою станцією [21]. Позитивним у використанні комп'ютерних мереж у медичних установах є і те, що з'єднання всіх приладів здійснюється за допомогою дешевого телефонного кабелю, а це істотно знижує вартість оснащення клініки засобами моніторингу.

Робоча станція є загальним колектором даних, які надходять зі всіх моніторингових приладів. Дані про життєво важливі фізіологічні показники і параметри передаються від робочої станції на багатодисплейні монітори поста спостереження за станом пацієнтів. База даних, що є ядром клінічної інформаційної системи, дозволяє заносити відомості про пацієнта до «електронної» історії хвороби, яка при необхідності може бути записана на пластикову карту та зберігається в пацієнта, або може бути роздрукована в звичному для лікаря вигляді. Комп'ютерна мережа охоплює всі джерела інформації клініки: приймальне відділення, клінічні лабораторії, кабінети функціональної діагностики та отримання медичних зображень тощо. Це дозволяє концентрувати на робочій станції всі відомості, які стосуються пацієнта, для реєстрації й відкладеного аналізу.

Локальна мережа системи має вихід до технологій телемедицини, яка дає

можливість проводити консультації з провідними фахівцями інших клінік. Термінали системи можуть бути встановлені на будь-якому робочому місці лікаря, надаючи йому всю необхідну інформацію про пацієнта. Є змога використання баз знань, що надають докладний довідково-інформаційний матеріал та стандартні програмні застосунки, які дозволяють проводити обробку медичних даних.

Цінність використання систем моніторингу для клінічної практики визначається наступними факторами [12, 23]:

- високою точністю та об'єктивністю одержуваної інформації;
- стеженням за змінами життєво важливих параметрів організму в реальному часі, що визначається швидкістю обробки фізіологічної інформації;
- можливістю одночасної обробки змін декількох фізіологічних параметрів та встановленням взаємозв'язку між ними;
- раннім виявленням ознак порушення управління в системах організму;
- спостереженням за змінами діагностичних показників, які є похідними від поточних значень параметрів (наприклад, стеження за зміною периферичного опору, серцевого викиду, індексів активності вегетативної регуляції і т. п.).

Отже, системи клінічного моніторингу здійснюють не тільки багатопараметричний контроль стану пацієнта, але й допомагають з діагностикою, вибором доцільної тактики лікування і виконанням невідкладної інтенсивної терапії.

## **1.2 Загальні відомості про електрокардіомонітори**

У деяких ситуаціях необхідна безперервна реєстрація ЕКГ та ЧСС пацієнта. При застосуванні загального наркозу анестезіолог стежить за допомогою ЕКГ за станом пацієнта на операційному столі та під час виходу з наркозу. Спостереження протягом декількох днів за даними ЕКГ та ЧСС пацієнта, який переніс інфаркт міокарда, дозволяє вчасно виявити загрозові для життя аритмії. Під час пологів зміна ЧСС плода є раннім індикатором

нездужання плода [10].

У цих та інших випадках, коли потрібна безперервна реєстрація ЕКГ, застосовується кардіомонітор (КМ) або кардіоскоп. Його вхідні ланцюги аналогічні вхідним ланцюгам електрокардіографа. Корисний сигнал знімається з пари електродів, зазвичай розташованих на грудях. Дроти з'єднують електроди з вхідними гніздами. Вхід підсилювача є захищеним від розряду дефібрилятора.

Підсилювач КМ майже нічим не відрізняється від звичайного підсилювача ЕКГ, крім частот зрізу. У цьому пункті кардіомонітори мають більш вузьку смугу, ніж стандартні електрокардіографи. Це пов'язано з тим, що артефакт руху проявляється головним чином в області низьких частот, а мережевий та міографічний шуми – в області високих. Таким чином, ми можемо значно поліпшити співвідношення сигнал/шум (ССШ), якщо обмежимося смугою пропускання від  $0,67$  Гц до  $40$  Гц. При цьому незначно змінюється форма зубців, але інформація про серцевий ритм зберігається. Схема виявлення *QRS*-комплексів кардіомонітора не повинна запускатися від імпульсів водія ритму, які не припиняються і в разі зупинки серця [24]. Крім того, вона не повинна реагувати на високі *T*-зубці, щоб виключити подвійний підрахунок серцевих скорочень [10].

Блок ізоляції пацієнта зазвичай розташований після попереднього підсилювача. Потім після нього йде ще один підсилювач, який доводить амплітуду вхідного сигналу до рівня, необхідного для відображення, запису та аналізу.

Після цього шлях сигналу може бути різним. У найпростішому випадку він подається на цифровий дисплей та відображається в такому ж вигляді, як на папері кардіографа. Якщо від монітора більше нічого не потрібно, він може містити тільки названі вузли. Монітор такого типу називається *кардіоскопом*. Кардіоскопи часто застосовуються в операційних та машинах швидкої допомоги.

У більшості сучасних кардіомоніторів аналого-цифровий перетворювач



(АЦП) оцифровує підсилений сигнал і наступну обробку здійснює комп'ютер. Іноді визначені функції виконують спеціалізовані цифрові або аналогові схеми.

Оскільки часто бажано отримати паперовий запис частини сигналу ЕКГ, то в багатьох кардіомоніторах міститься вбудований самописець або принтер, за допомогою якого оператор може роздрукувати фрагмент, що його цікавить. Крім того, буває необхідно записати не тільки поточний сигнал, а й передісторію, наприклад подію, яка передувала серйозній аритмії. Для цього оцифрована ЕКГ подається на схему пам'яті, яка затримує сигнал приблизно на 7 секунд. Коли оператор бачить подію, яка його цікавить, він може так дати команду на запис сигналу з виходу схеми затримки, що подія фіксується з передісторією.

Отримуваний сигнал ЕКГ використовується для визначення ЧСС. Поточне значення ЧСС відображається на дисплеї КМ. Зазвичай система також подає сигнал тривоги, коли значення ЧСС стає вище або нижче встановленого критичного порога. Часто сигнал тривоги автоматично вмикає реєстрацію ЕКГ з передісторією [10]. Це допомагає лікарю вибрати правильну методику лікування.

Кардіомонітор можна принести в палату до пацієнта, але в більшості лікарень існують спеціалізовані відділення інтенсивної терапії, де монітори поєднані в єдину систему. У ліжку кожного пацієнта знаходиться кардіоскоп і кардіотахометр, що відображає значення ЧСС та подає сигнал тривоги за необхідності. Індивідуальні монітори під'єднані до центральної станції, розташованої на посту медсестри. Центральна станція відображає ЕКГ та ЧСС усіх пацієнтів, а також має сигнали тривоги, дублюючі сигнали приліжкових моніторів. Самописець або принтер також знаходиться на центральній станції. Його можна активувати як з центральної станції, так і дистанційно через приліжкові монітори.

У відділеннях інтенсивної терапії часто використовуються спеціалізовані персональні комп'ютери, які розпізнають епізоди аритмії та фіксують, наскільки часто вони відбуваються. Ці комп'ютери можуть роздрукувати

графіки, що показують тенденції вимірюваних параметрів, і реєструють усі дії медичного персоналу по відношенню до хворих. Цим вони звільняють персонал від частини паперової роботи, залишаючи більше часу для виконання прямих обов'язків.

Поява мікрокомп'ютерів дозволила об'єднати моніторинг амбулаторних пацієнтів із розпізнаванням аритмій. Переносні пристрої на магнітній стрічці або твердотільній пам'яті можуть застосовуватися для запису ЕКГ амбулаторних пацієнтів. Пізніше ці записи аналізуються комп'ютером. У КМ є процесор або контролер, який виконує дві основні функції: переміщення даних та аналіз даних. Перша полягає в тому, що під управлінням процесора відбувається пересилання даних від АЦП у пам'ять, з неї на друк і т. д. Друга включає обробку сигналу ЕКГ: фільтрацію, видалення артефактів, ідентифікацію зубців, визначення ЧСС та виявлення аритмій. За необхідності описані функції можуть бути поділені між декількома процесорами. Контролер працює під управлінням програми, яка зазвичай міститься в постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗП). КМ можна модифікувати без зміни апаратної частини, змінивши лиш програму.

Для тимчасового зберігання інтервалів сигналу використовується оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), а для архівування обраних фрагментів або всього запису – пам'ять на знімних носіях, як-от жорсткий чи оптичний диск, магнітна стрічка. Інтерфейс оператора складається з дисплея і клавіатури.

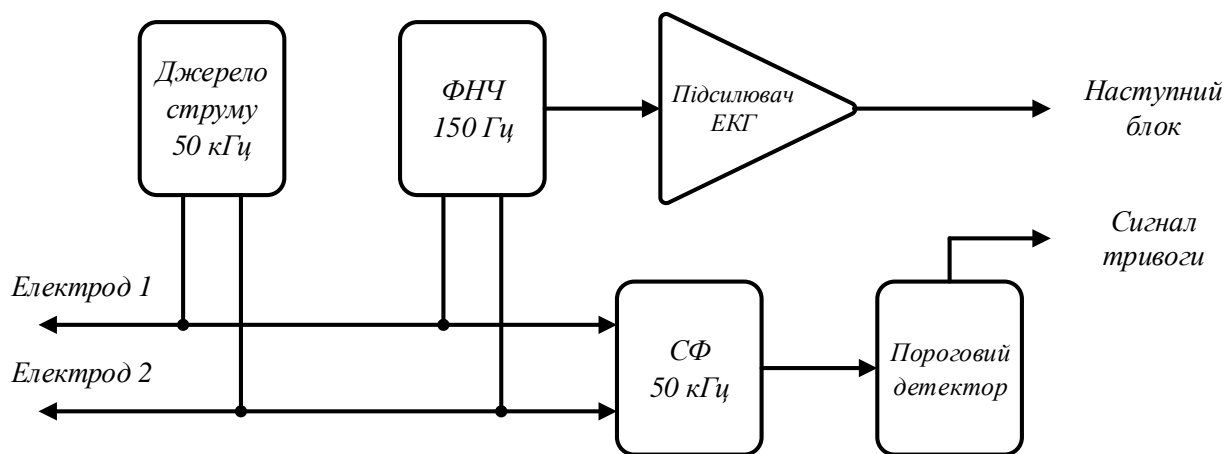
Комп'ютеризовані кардіомонітори можуть бути підключені до інформаційної системи лікарні. Часто вони мають мережевий інтерфейс, який дозволяє лікарю спостерігати за ЕКГ пацієнтів, не виходячи зі свого робочого кабінету.

Для діагностики серцево-судинних захворювань часто застосовуються носимі монітори ЕКГ, які також називаються холтерівськими моніторами. Вони складаються з підсилювача ЕКГ, підключеного до електродів на грудях пацієнта, і реєстратора. Прилад живиться від батарей, його розміри та вага

дозволяють носити його на поясі, а пам'ять зберігає від *24 годин* до *72 годин* безперервного запису. Деякі монітори реєструють ЕКГ по трьох відведеннях, за їх записом можна побудувати векторну кардіограму. Комп'ютер відтворює зроблений реєстратором запис і аналізує його. Епізоди аритмії показуються на екрані КМ. Крім того, комп'ютер друкує звіт, в якому відображені ЧСС, варіабельність ритму, тип аритмій, кількість епізодів порушення ритму і чисельність артефактів.

При тривалому записі ЕКГ нерідко порушується контакт електрод-шкіра, і чим довше електрод залишається на пацієнті, тим частіше це трапляється. У відділеннях інтенсивної терапії електроди замінюють щодня або кожної зміни. Багато КМ має схеми, які виявляють обрив електрода або погіршення контакту.

На рисунку 1.2 зображена блок-схема типової системи для виявлення обриву електрода. Джерело струму *50 кГц* з високим внутрішнім опором приєднано паралельно електродам. Пікові значення струму можуть досягати рівня від *100 мкА* до *200 мкА* без жодного ризику для пацієнта, оскільки допустиме значення струму зростає з частотою. Струм тече через тіло пацієнта, і поки контакт хороший, падіння напруги невелике. Якщо контакт порушений у результаті висихання провідного гелю, відриву електрода від пацієнта або обриву провідника, опір різко зростає. В результаті зростає і падіння напруги. Високочастотний сигнал відокремлюється від ЕКГ фільтрами, як показано на блок-схемі. Сигнал ЕКГ проходить через ФНЧ з частотою зрізу близько *150 Гц*, після чого підсилюється, як зазвичай. Смуговий фільтр з центральною частотою *50 кГц* виділяє сигнал вимірювання імпедансу, який потім подається на пороговий детектор. Коли амплітуда перевищує встановлений поріг, вмикається сигнал тривоги [10].



(ФНЧ – фільтр низьких частоти; СФ – смуговий фільтр)

Рисунок 1.2 – Блок-схема системи контролю контактного опору електродів

### 1.3 Основні медичні та експлуатаційні вимоги до кардіомоніторів

Тривалий досвід фахівців із розробки та впровадження кардіомоніторів у клінічну практику дозволив сформулювати ряд медичних і експлуатаційних вимог, яким повинні задовольняти КМ. Деякі з них є суперечливими, а виконання інших надто утруднене, але перелічені нижче вимоги дозволять уявити собі ідеалізований КМ і оцінити ступінь близькості реальних КМ до ідеального.

1. Для кожного конкретного типу КМ необхідним є оптимальний набір певних діагностичних ознак. Варто зазначити, що їхня надмірність суттєво ускладнює програмні та апаратні засоби, не підвищуючи ефективності КМ, а в деяких випадках навіть виступає причиною помилкової діагностики [18, 25, 26].

2. Кардіомонітори повинні з високою надійністю виявляти особливо небезпечні аритмії (фібриляцію шлуночків, асистолію). Загрозливі аритмії за типом випадкових подій (екстрасистолії, випадання *QRS*-комплексів) не можуть бути виявлені з абсолютною точністю, особливо при складних порушеннях ритму, які характеризуються різкими змінами амплітуди та форми шлуночкових комплексів. Підвищення ж чутливості КМ буде супроводжуватися збільшенням числа помилкових тривог. Експлуатаційна документація повинна містити повні відомості про якість виявлення аритмій у

контрольованих умовах.

3. Сигналізація тривоги в КМ повинна бути диференційована за ступенем небезпеки для хворого і відрізнятися характером звуку та кольором табло. Бажано надати лікарю можливість вимкнення сигналізації аритмій, які не мають значення для даного хворого або присутні у нього постійно. Це зменшить число хибних тривог та виключить зайве емоційне напруження чергового персоналу.

4. Рівень завад в електрокардіосигналі повинен контролюватися і при перевищенні ним припустимої межі показуватись на дисплеї КМ. Зашумлені ж ділянки сигналу мають виключатися з аналізу аритмій. До завад належать дуже малий та дуже великий рівні вхідного сигналу, які ускладнюють його обробку.

5. У складі КМ повинен бути вбудований детектор порушень у системі відведень (відрив електрода, збільшення перехідного опору електрод-шкіра).

6. Треба забезпечити правильну роботу КМ під час електричної стимуляції серця, коли артефакт стимулу може сприйматися як шлуночковий комплекс. Бажано, щоб КМ визначав інтерференцію ритмів та неефективну стимуляцію.

7. Кардіомонітор повинен мати вихід поточного електрокардіосигналу для його запису на електрокардіографі та вихід збережених у пам'яті фрагментів даних моніторингу по сигналу тривоги для аналізу причин, що викликають цю подію. Реєстратор ЕКГ у такому випадку повинен уникатися автоматично.

8. Повинна бути забезпечена можливість роботи КМ в автоматизованій системі оперативного лікарського контролю (АСОЛК) шляхом передачі отримуваних моніторингових даних до центрального поста (ЦП) спостереження.

9. У КМ повинне застосовуватися початкове автоматичне налаштування ряду основних параметрів (підсилення сигналу, стабілізація ізоляції, центрування сигналу в динамічному діапазоні, вихідні пороги поділу класів аритмій тощо), які дозволяють починати роботу з приладом відразу після

ввімкнення [26].

10. Необхідне застосування наочних засобів відображення інформації, які дозволяють компонувати дані обробки електрокардіосигналу в зручній та виразній формі (наприклад, рідкокристалічних кольорових дисплеїв з сенсорами).

11. КМ повинен мати пристрої документування поточної та накопиченої інформації про серцевий ритм (отримання «твердих» копій необхідних даних).

12. Необхідно забезпечити самоконтроль КМ в момент ввімкнення та в процесі роботи без перерви в обробці сигналу з індикацією про несправності.

13. Конструкція КМ, його елементна база та схемні рішення повинні передбачати тривалий безперервний режим роботи, з високим рівнем надійності.

14. Для прискорення ремонту в КМ мають бути автоматичні методи пошуку несправностей за допомогою вбудованих програмних і апаратних засобів.

15. У складі конструкції кардіомонітора повинна міститись система захисту від пошкодження при застосуванні до хворого дефібрилюючого імпульсу.

16. Оскільки під час лікування можливі внутрішньосерцеві втручання (ендокардіальна електрична стимуляція серця) і порушення шкірних покривів (ін'єкції, крапельниці і т. п.), то КМ мають бути виконані за вищим класом захисту від ураження електричним струмом хворого і обслуговуючого персоналу.

17. Необхідно домагатися найкращого співвідношення вартість – ефективність, враховуючи, що в палаті інтенсивної терапії може бути від 6 до 12 КМ.

Крім перелічених основних медичних та експлуатаційних вимог на кардіомонітори поширюються державні та галузеві стандарти на електронні медичні прилади, які регламентують показники якості, діапазони зміни параметрів та похибки вимірювань. Розробка оптимальних за своїми функціями

КМ ускладнюється тим, що не існує єдиного типового складу обладнання палати інтенсивного спостереження і КМ або мають надлишковість у своєму складі, або виявляються в недоукомплектованому вигляді. Отже, найбільш доцільним має бути шлях розробки всієї АСОЛК, розрахованої на різну кількість хворих [18, 26].

#### 1.4 Параметри електрокардіосигналу для кардіомоніторингу

Основне завдання моніторингу полягає у автоматичній діагностиці аритмій. Однак навіть при безпосередньому лікарському аналізі ЕКГ у багатьох випадках можлива її різна інтерпретація, що пов'язано з термінологією, обмеженістю запису, завадами запису і вмінням відрізнити патологічну ЕКГ від нормальної. Звідси видно, які труднощі виникають на шляху автоматичного аналізу ЕКГ. Для підвищення надійності автоматичної діагностики аритмій має значення така методика аналізу електрокардіосигналів, яка може забезпечити оптимальний за витратами та клінічною цінністю результат аналізу. Також слід відмітити, що діагностика ЕКГ не може бути остаточною без ознайомлення з клінічною картиною захворювання. Враховуючи вищесказане, обирають такі параметри електрокардіосигналу, які володіють максимальною надійністю вимірювань в умовах завад різноманітного виду та можуть полягати в основу алгоритмічного забезпечення КМ. До таких параметрів можна віднести наступні [18, 26, 27]:

- поточне значення  $RR$ -інтервалу ( $RR_i$ );
- середнє значення  $RR$ -інтервалу за певну кількість кардіоциклів ( $RR_{сер.}$ );
- відношення поточних значень  $RR$ -інтервалів ( $RR_i / RR_{i+1}$ );
- частота серцевих скорочень за  $15\ c$  або  $30\ c$ , приведена до  $1\ хв$ ;
- параметри форми  $QRS$ -комплексу: тривалість, амплітуда (розмах), сумарна площа всіх зубців;
- частота екстрасистол, виміряна за  $1\ хв$ ;
- кількість екстрасистол за весь час спостереження.

Мала амплітуда  $P$ -зубця не дозволяє його надійно виявляти та, як

наслідок, враховувати зв'язок даної частини досліджуваного електрокардіосигналу з *QRS*-комплексом (цей проміжок ЕКГ відображає процес деполяризації шлуночків серця), що не дає можливості диференціювати деякі види аритмій [26, 27].

### **1.5 Класифікація кардіомоніторів**

Різноманітне застосування кардіомоніторів у медичній практиці призвело до певної спеціалізації цих приладів. КМ можна поділити на види та групи, що відрізняються один від одного контрольованими параметрами, експлуатаційними властивостями методами обробки та відображення інформації. Хоча приведена нижче класифікація є якоюсь мірою умовною, але надає загальне уявлення про сфери застосування та особливості кардіомоніторів: амбулаторні (носимі), швидкої допомоги, клінічні, тестуючі, реабілітаційні, санаторно-курортні [26].

*Амбулаторні КМ* використовуються в стаціонарі та після виписки із стаціонару для контролю таких змін стану серцевої діяльності за весь період добової активності, які не можуть бути виявлені під час нетривалого дослідження ЕКГ у стані спокою. На підставі отриманих даних проводиться вибір і дозування лікарських препаратів та визначення допустимих для людини фізичних навантажень. Малі габаритні розміри, маса й можливість автономного живлення дозволяють носити КМ на собі з прикріпленими електродами навіть 24 години.

Нещодавно в кардіомоніторах Холтера проводився безперервний запис електрокардіосигналу (ЕКС) на магнітну стрічку з дуже малою швидкістю (біля  $1 \text{ мм/с}$ ). Для цього проводилась трансформація низькочастотного спектра ЕКС в область частот, що реєструвались магнітним носієм. Зазвичай застосовувалася широтно-імпульсна і рідше амплітудна або частотна модуляції ЕКС. Касета з записом проглядалася лікарем-кардіологом за допомогою спеціального зчитувального пристрою зі швидкістю, яка перевищує швидкість запису в  $60 - 120$  разів. Надалі метод Холтера був суттєво вдосконалений шляхом автоматичного машинного швидкісного аналізу ЕКС із реєстрацією на цифрові



носії даних. Зазвичай діагностуються основні типи аритмій і параметри зсуву *ST*-сегмента.

Застосування в амбулаторних КМ напівпровідникових запам'ятовуючих пристроїв та мікропроцесорів дозволило реалізувати проведення автоматичного аналізу аритмій та зміщування сегмента *ST* безпосередньо в приладі разом із запам'ятовуванням патологічних фрагментів ЕКС. Зручність КМ з напівпровідниковою пам'яттю полягає в тому, що дані обробки ЕКС можна отримати досить оперативно в будь-який момент часу, і запуск монітора може бути здійснений самим хворим при поганому самопочутті або під час серцевого нападу.

*Кардіомонітори швидкої допомоги* призначені для контролювання стану серцевої діяльності, відновлення втраченого або порушеного ритму серця вдома у хворого та в машині швидкої допомоги. Усі КМ дозволяють проводити спостереження за ЕКГ, вимірювати частоту серцевих скорочень, робити дефібриляцію або стимуляцію серця. Кардіомонітори повинні працювати від акумулятора машини, внутрішньої батареї та від мережі. Маса КМ близько 3 – 8 кг.

*Клінічні КМ* призначені для застосування виключно у стаціонарах та можуть в залежності від свого призначення бути декількох типів [18, 26 – 28].

- Кардіологічні КМ широко застосовуються в палатах інтенсивного спостереження за станом кардіологічних хворих в гострий період їх захворювання. Основне призначення КМ – сигналізація про порушення ритму та провідності серця. Такі КМ зазвичай працюють в АСОЛК за декількома хворими.

- Хірургічні КМ застосовуються під час операцій на серці й судинах та в післяопераційних палатах. На відміну від інших типів, дані КМ вимірюють ряд додаткових параметрів кровообігу і дихання (систоличний, середній та діастолічний кров'яний тиск; хвилиний об'єм серця; периферичний пульс; температуру тіла; газовий склад тощо). Особливістю хірургічних КМ є використання здебільшого прямих методів вимірювання необхідних

фізіологічних параметрів.

- Акушерські КМ встановлюються в пологових залах, передпологових палатах та у відділеннях інтенсивного догляду за новонародженими. Кардіомонітори застосовуються при патологіях серцево-судинної системи породіль і контролю за новонародженими. Кардіомонітори матері і плода дозволяють вимірювати ЧСС матері й плоду за прямим ЕКС та доплерівським ехокардіосигналом, виявляти порушення ритмів і визначати силу маткових скорочень. КМ для новонароджених (переношених, недоношених і травмованих під час пологів) і дітей до дворічного віку, які страждають запаленням легенів, вимірює ЧСС, частоту дихання і сигналізує про порушення ритму серця, зупинки дихання [26].

*Тестуючі КМ* призначені для функціональної діагностики стану серцево-судинної системи здорових та хворих людей. Вони дозволяють автоматизувати процес досліджень ЕКГ під навантаженням за кількома відведеннями і визначати газовий склад повітря, що видихається. Зазвичай такі КМ комплектуються велоергометрами чи біговою доріжкою для дозування фізичного навантаження.

*Реабілітаційні КМ* необхідні для контролю серцево-судинної системи в умовах підвищених навантажень та перевірки ефективності призначених лікарських препаратів. З цією метою можливе застосування амбулаторних КМ, але більш зручно користуватися моніторингом по радіоканалу, телефону або локальній мережі. На хворому закріплюється передавач ЕКС з електродами, потім ЕКС перетворюється в частотно-модульований сигнал (для радіоканалу) або в частотно-модульований акустичний сигнал (для передачі ЕКС по телефону). Аналіз ЕКС проводиться кардіологом або автоматично в центрі спостереження.

*Санаторно-курортні КМ* знаходять застосування у кардіологічних санаторіях для контролю лікування в бальнеологічних умовах, при лікуванні світлом, лікувальних ваннах та інших процедурах. Електроди ЕКГ можуть бути занурені у ванну та не кріпитися на тілі. Для дозування навантаження

(теренкур) використовують КМ, що видає сигнал тривоги при виході ЧСС за межі норми.

З усіх перерахованих вище типів КМ найважливіше значення мають клінічні кардіомонітори для палат інтенсивного спостереження. Крім того, їхня конструкція найбільш складна і містить у собі елементи інших типів КМ. Тому найсуворіші вимоги висувають до клінічних КМ для палат інтенсивної терапії.

### 1.6 Обґрунтування та вибір аналога

Для визначення необхідності розробки та розуміння ключових особливостей нашого пристрою ми проаналізували наявні сьогодні на ринку України технічні рішення засобів мобільного кардіомоніторингу. Базуючись на отриманих результатах проведеного нами аналізу, можна зробити висновок, що пристрої, які повністю відповідають функціональним вимогам, згідно з технічним завданням (приведене в додатку А), фактично відсутні. Тому для реалізації порівняння оберемо найбільш близький, зі схожими параметрами до нашого, прилад.

За аналог можна прийняти портативний кардіомонітор «*QardioCore*», який не вимагає для своєї роботи використання дротів, наклейок або присосок, які входять до складу класичних електродів для ЕКГ. Компактний пристрій кріпиться до грудної клітки за допомогою ремінця та не заважає людині займатися її повсякденними справами. У той час, поки суб'єкт ходить на роботу, гуляє чи займається спортом, пристрій підраховує пройдені кроки та відстань, визначає спалені калорії, стежить за диханням і пульсом. Всі отримані показники кардіомонітор відправляє в додаток «*Qardio*» або «*Apple Health*» на «*iPhone*», де вони зберігаються у вигляді історії. «*QardioCore*» є відмінним супутником людей, які піклуються про своє здоров'я, а також для професійних спортсменів, допомагаючи їм сформувавши правильний план тренувань для досягнення цілей.

Міцний та компактний кардіомонітор являє собою дві тонкі пластини білого кольору, які скріплені між собою у вигляді літери «X». Пристрій

фіксується на грудній клітці за допомогою спеціального еластичного ремінця, який регулюється за розміром від *70 см* до *109 см*. Кардіомонітор виглядає елегантно, непомітний під повсякденним одягом та не заважає займатися людині її буденними справами. Зовнішній вигляд цього КМ показано на рисунку 1.3 [29, 30].



Рисунок 1.3 – Портативний кардіомонітор «*QardioCore*» [31]

Корпус «*QardioCore*» виконано з гіпоалергенних та екологічно безпечних матеріалів і оснащено захистом від вологи за стандартом *IP65*. Це означає, що разом із кардіомонітором у разі потреби можна навіть приймати душ. Однак плавати в басейні та приймати ванну з ним не рекомендується виробником [30].

Для того, щоб монітор почав вимірювання, необхідно зарядити його батареї, потім зафіксувати пристрій на грудях за допомогою спеціального ремня з комплекту постачання і ввімкнути його. За допомогою чутливих сенсорів кардіомонітор протягом дня вимірює наступні біометричні показники: ЕКГ, частоту биття серця, варіативність цієї частоти, частоту дихання, температуру шкіри.

«*QardioCore*» здатний записувати одноканальну ЕКГ за одним відведенням з діапазоном частот від *0,05 Гц* до *40 Гц*. Пристрій обробляє *600 сигналів* на секунду з роздільною здатністю *16 біт*. Після початкового налаштування прилад автоматично синхронізує дані, отримані з датчиків, з

мобільним пристроєм.

Джерелом живлення для роботи приладу є вбудована літій-іонна батарея, яка на одному заряді забезпечує до 24 годин його неперервної роботи. Заряджається батарея через спеціальний порт за допомогою кабелю з комплекту постачання. Габарити КМ складають  $193 \times 102 \times 10$  мм, а маса – 130 грам [29 – 32].

Однак описаний вище кардіомонітор має ряд істотних недоліків: відсутній вбудований дисплей і для перегляду результатів моніторингу потрібно мати смартфон; «*QardioCore*» працює лише з пристроями на операційній системі «*iOS*»; неможливе застосування приладу при сплюсненій грудній клітці; КМ призначений тільки для дорослих людей; використано нестандартний роз'єм. Порівняльна характеристика аналога та нової розробки приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні показники аналога та нашого пристрою

<i>Основні показники (параметри)</i>	<i>Аналог</i>	<i>Нова розробка</i>	<i>Відношення параметрів</i>
1. Напруга живлення пристрою, В	5	5	1
2. Габаритні розміри корпусу (Д × Ш × В), мм	193 × 102 × 10	110 × 100 × 30	0,6
3. Кількість каналів ЕКГ	1	1	1
4. Кількість одночасно реєстрованих відведень	1	1	1
5. Час автономної роботи, год	24	24	1
6. Ремонтопридатність (балів)	3	9	3
7. Уніфікація та взаємозамінність (балів)	1	10	10
8. Простота використання і модернізації (балів)	4	8	2

Як видно з таблиці 1.1, наша розробка (інноваційне рішення) за своїми габаритними розмірами поступається аналогу, що пояснюється наявністю дисплея у проєктованій конструкції, проте відношення решти параметрів свідчать про значні переваги нашого пристрою перед уже існуючим базовим приладом. Крім того, описані раніше конструктивні особливості та недоліки аналога вказують на те, що він не відповідає вимогам окресленим у технічному завданні.

### 1.7 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДДКР

Точно визначити техніко-економічний рівень нової розробки за великої кількості різноманітних показників є доволі важко. Проведемо оцінювання перспективності теми цієї магістерської кваліфікаційної роботи за допомогою бального методу оцінювання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (НДДКР). Суть бального оцінювання полягає в тому, що кожному параметру присвоюється певний бал залежно від різних факторів. Для узагальнюючої оцінки рівня перспективності береться сума балів за всіма показниками [33].

У таблиці 1.2 наведено критерії та бальну оцінку для визначення наукового та технічного рівня науково-дослідної роботи (НДР).

У сучасних умовах відсутність впровадження інновацій у сфері промисловості відчувається особливо гостро. Підприємства потребують швидкого впровадження досягнень науково-технічного прогресу в галузі, а це зі свого боку вимагає зменшення часу на проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт і значного скорочення терміну окупності витрат. Виходячи зі сказаного, доцільно орієнтуватися на час проведення НДДКР не більше *2-х років (+ 2)*, причому технічні показники результатів роботи планувати на рівні кращих світових зразків (*0*), ми маємо впевненість в отриманні авторських свідоцтв (*+ 2*), а термін окупності витрат мусить складати *2 роки і менше (+ 3)*.

У таблиці 1.3 приведено можливі результати оцінки теми НДДКР.

Проаналізувавши дані таблиць 1.2 та 1.3, і підрахувавши загальну суму набраних балів ( $+ 2 + 0 + 2 + 3 = 7$  балів), можна зробити висновок, що проведення НДДКР за наданою нам темою є досить перспективним завданням [34].

Таблиця 1.2 – Критерії та бальна оцінка для визначення наукового, технічного та економічного рівня науково-дослідної роботи

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

Таблиця 1.3 – Можливі результати оцінки теми НДДКР

<i>Сума індексів</i>	<i>Оцінка теми</i>
Позитивна (+)	«розробка є досить перспективною»
Задовільна (0)	«розробка перспективна»
Негативна (-)	«розробка неперспективна»

### 1.8 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою виконання технологічного аудиту постає оцінювання комерційного потенціалу розробки (результатів НДДКР), створеної під час проведення науково-технічної діяльності. За отриманими підсумками можна зробити висновок щодо напрямків (особливостей) організації подальшого запровадження результатів здійсненої роботи з урахуванням встановленого рейтингу.

Отже, для оцінювання комерційного потенціалу розробки пристрою мобільного кардіомоніторингу скористаємося рекомендованими методичною літературою 12-ма критеріями, які описані у нижченаведеній таблиці 1.4 [34].

Таблиця 1.4 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного

потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

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



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 технічної, так і комерційної реалізації ідеї
---	--	---	---	--------------------------------------	--

Продовження таблиці 1.4

<b>Бали (за 5-ти бальною шкалою)</b>					
<i>Кри-терій</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Практична здійсненність</i>					
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідне отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідне тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Оцінювання комерційного потенціалу розробки здійснено із застосуванням експертного методу, провівши опитування спеціальних експертів стосовно їх ставлення до нової розробки у відповідності з розглянутими вище критеріями. В якості експертів були залучені викладачі кафедри біомедичної інженерії.

Отримані від фахівців результати оцінювання комерційного потенціалу розробки пристрою мобільного кардіомоніторингу зведемо до таблиці 1.5.

За даними таблиці 1.5 зробимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки нашого інноваційного рішення. Для цього скористаємось практичними рекомендаціями методичної літератури [34], які зведені в таблицю 1.6.

Таблиця 1.5 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

<i>Критерії</i>	<i>Залучений експерт</i>		
	<i>«А»</i>	<i>«В»</i>	<i>«С»</i>
	<i>Бали, які були виставлені експертами:</i>		
1	3	3	2
2	2	2	3
3	3	2	3
4	3	3	3
5	2	3	2
6	3	4	3
7	2	2	3
8	3	2	2
9	3	3	3
10	4	3	3
11	2	3	4
12	3	1	2
Сума балів	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>33</b>
Середньоарифметична сума балів <i>СБ</i>	<b>32,3</b>		

Таблиця 1.6 – Рівні комерційного потенціалу розробки [34]

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

Отже, рівень комерційного потенціалу нашої розробки становить 32,3 бали, що, згідно з таблицею 1.6, говорить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

### **1.9 Оцінювання рівня новизни розробки**

Виводячи на ринок нову продукцію виробник вважає, що тієї новизни, якою наділений даний товар є достатньо для того, щоб він був сприйнятий споживачем як новий. Але це не завжди так, у силу того, що цільовий споживач та виробник неоднозначно встановлюють рівень новизни. За цих обставин визначення рівня і ступеня інтегральної новизни товару є найбільш актуальним, оскільки її рівень визначає ступінь однакового позитивного сприйняття новизни товару як виробником, так і споживачем, а отже, і ринком у цілому. Це, у свою чергу, є гарантією того, що новинка знайде своє місце на ринку, користуватиметься попитом у споживачів і забезпечить відшкодування витрат, зазнаних товаровиробником при розробленні й виробництві інноваційного продукту.

Рівень новизни інноваційної продукції можна розрахувати експертним методом шляхом протиставлення нового товару та його аналогів, що існують сьогодні на ринку, за тими чинниками, які окреслюють її значення в системі «краще-гірше». За такої умови рівень новизни необхідно встановлювати відносно рівня аналога (або товару, який є досить близьким до аналога) [35].

Для визначення  $i$ -го виду новизни, застосуємо чинники, які впливають на

її рівень. Кожен чинник  $i$ -го виду новизни розрахуємо в балах. Більша кількість набраних балів свідчить про більший рівень новизни. Для його оцінювання скористаємось думками експертів, які встановлять певні бали відповідним чинникам. Бал відповідності проставлятиметься в діапазоні від  $(-5)$  (значно гірше за аналог) до  $(+5)$  (значно краще за аналог). Результати попереднього оцінювання зведемо до листа оцінювання, який представлено у вигляді таблиці 1.7.

Значення  $i$ -го виду новизни розробки ( $I_i$ ) розрахуємо за формулою (1.1):

$$I_i = \frac{B_{i.omp.}}{B_{i.MAX}}, \quad (1.1)$$

де  $B_{i.omp.}$  – середня кількість балів по шкалі оцінок чинників  $i$ -го виду новизни;

$B_{i.MAX}$  – максимально можлива кількість балів за  $i$ -м видом новизни [35].

Таблиця 1.7 – Лист оцінювання рівня новизни

<i>Види та чинники</i>		<i>Бали та експерти</i>		
		<i>Експерт 1</i>	<i>Експерт 2</i>	<i>Експерт 3</i>
<i>I</i>		<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<b>Споживча новизна</b>	<b>Питома вага: 0,25</b>	<b>Макс. бал <math>B_{i.MAX}</math></b>		<b>25</b>
1. Зміна поведінкових звичок споживача		3	2	3
2. Ступінь задоволення потреб і запитів		2	5	3
3. Спосіб задоволення потреби		4	3	5
4. Формування нової потреби		0	0	0
5. Формування нового споживача		4	2	3
Середній бал експертів $B_{i.omp.}$		13		
<b>Товарна новизна</b>	<b>Питома вага: 0,214</b>	<b>Макс. бал <math>B_{i.MAX}</math></b>		<b>30</b>
1. Параметричні зміни показників продукції				
1.1. Якісні		5	4	4
1.2. Технічні		3	3	3
1.3. Економічні		3	3	3
1.4. Сервісні		3	4	4
2. Якість продукції по відношенню до конкурентів		4	5	4
3. Функціональні зміни		3	4	3
Середній бал експертів $B_{i.omp.}$		21,7		

<b>Виробнича новизна</b>	<b>Питома вага: 0,036</b>	<b>Макс. бал <math>B_{i MAX}</math></b>	<b>25</b>
1. Рівень унікальності товару для підприємства		5	4
2. Рівень унікальності товару для галузі		1	2
3. Рівень унікальності товару для країни		1	0
4. Зміна виробничої системи		4	3
5. Відносно існуючого асортименту		2	2
Середній бал експертів $B_{i. отр.}$		13	
<b>Прогресивна новизна</b>	<b>Питома вага: 0,179</b>	<b>Макс. бал <math>B_{i MAX}</math></b>	<b>25</b>
1. Зміна технології виготовлення		4	3
2. Рівень застосування нових компонентів і матеріалів		1	4
3. Зміна технологічного принципу дії виробу		1	2
4. Зміна конструктивного виконання		3	2
5. Рівень застосування інновацій		5	3
Середній бал експертів $B_{i. отр.}$		13,7	
<b>Ринкова новизна</b>	<b>Питома вага: 0,107</b>	<b>Макс. бал <math>B_{i MAX}</math></b>	<b>20</b>
1. Новий виріб на новому ринку		2	1
2. Новий виріб на відомому ринку		3	2
3. Модернізований виріб		4	2
4. Нова модель		3	4
Середній бал експертів $B_{i. отр.}$		10,7	

Продовження таблиці 1.7

<b>Екологічна новизна</b>	<b>Питома вага: 0,035</b>	<b>Макс. бал <math>B_{i MAX}</math></b>	<b>20</b>
1. Рівень екологічної чистоти технології виробництва		4	4
2. Рівень впровадження мало- та безвідходних технологій		4	3
3. Рівень екологічно небезпечних режимів експлуатації продукції		2	4
4. Рівень забруднення навколишнього середовища		1	2
Середній бал експертів $B_{i. отр.}$		11,3	
<b>Соціальна новизна</b>	<b>Питома вага: 0,036</b>	<b>Макс. бал <math>B_{i MAX}</math></b>	<b>20</b>
1. Використання нового товару призводить до покращення стану здоров'я нації		3	4
2. Використання нового товару призводить до зростання доходів населення		0	0
3. Виробництво нового товару призводить до збільшення (зменшення) кількості робочих місць на підприємстві		3	5
4. Виробництво нового товару призводить до підвищення кваліфікації персоналу		4	2
Середній бал експертів $B_{i. отр.}$		10,7	
<b>Маркетингова новизна</b>	<b>Питома вага: 0,143</b>	<b>Макс. бал <math>B_{i MAX}</math></b>	<b>20</b>
1. Нові методи маркетингових досліджень		2	3

2. Вживання нових стратегій сегментації ринку	0	0	0
3. Вибір нової маркетингової стратегії обхвату і розвитку цільового сегмента	2	3	2
4. Побудова нових каналів збуту	4	3	2
Середній бал експертів $B_i$ , отр.	7,7		

Отримаємо наступне числове значення  $i$ -го виду новизни:

- споживча новизна становить:  $I_{Спож.} = 13 / 25 = 0,52$ ;
- товарна новизна становить:  $I_{Товар.} = 21,7 / 30 = 0,72$ ;
- виробнича новизна становить:  $I_{Вироб.} = 13 / 25 = 0,52$ ;
- прогресивна новизна становить:  $I_{Прогрес.} = 13,7 / 25 = 0,55$ ;
- ринкова новизна становить:  $I_{Ринк.} = 10,7 / 20 = 0,54$ ;
- екологічна новизна становить:  $I_{Еколог.} = 11,3 / 20 = 0,57$ ;
- соціальна новизна становить:  $I_{Соціал.} = 10,7 / 20 = 0,54$ ;
- маркетингова новизна становить:  $I_{Маркет.} = 7,7 / 20 = 0,39$ .

Розрахуємо показник інтегральної (сукупної) новизни ( $N_{інт.}$ ) розробки шляхом перемноження отриманого значення  $i$ -го виду новизни на її вагомість, причому вагомість  $i$ -го виду новизни визначається експертним методом (у ролі експертів виступили викладачі кафедри біомедичної інженерії), отримаємо:

$$\begin{aligned}
 N_{інт.} &= \sum_i^n W_i \cdot I_i = \\
 &= W_{Спож.} \cdot I_{Спож.} + W_{Товар.} \cdot I_{Товар.} + W_{Вироб.} \cdot I_{Вироб.} + W_{Прогрес.} \cdot I_{Прогрес.} + \\
 &+ W_{Ринк.} \cdot I_{Ринк.} + W_{Еколог.} \cdot I_{Еколог.} + W_{Соціал.} \cdot I_{Соціал.} + W_{Маркет.} \cdot I_{Маркет.} = \\
 &= 0,25 \cdot 0,52 + 0,214 \cdot 0,72 + 0,036 \cdot 0,52 + 0,179 \cdot 0,55 + \\
 &+ 0,107 \cdot 0,54 + 0,035 \cdot 0,57 + 0,036 \cdot 0,54 + 0,143 \cdot 0,39 = 0,55,
 \end{aligned}$$

де  $W_i$  – вагомість (питома вага)  $i$ -го виду новизни; за даними розробників ми прийняли таку:  $W_{Спож.} = 0,25$ ;  $W_{Товар.} = 0,214$ ;  $W_{Вироб.} = 0,036$ ;  $W_{Прогрес.} = 0,179$ ;  $W_{Ринк.} = 0,107$ ;  $W_{Еколог.} = 0,035$ ;  $W_{Соціал.} = 0,036$ ;  $W_{Маркет.} = 0,143$ ;

$n$  – загальна кількість видів новизни (8).

Отримане значення інтегрального рівня новизни зіставляємо зі шкалою, яка наведена в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Рівні новизни нового товару та їхня характеристика [35]

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

За інтегральним рівнем новизни досліджуваного нами товару, згідно з таблицею 1.8, визначаємо, що даний об'єкт володіє достатнім рівнем новизни ( $N_{int.} = 0,55$ ), а це дозволяє характеризувати розроблювану продукцію як принципово технологічну модифікацію товару [35]. Отже, запропонований нами для розроблення пристрій відповідає новому товару, який наділений ознаками інноваційності (інноваційний товар), оскільки він, за значенням інтегрального рівня новизни, належить до 1 – 4 рівнів (відсоток новизни – 40 % та більше).

### 1.10 Оцінювання рівня якості інноваційного рішення

Одним із найважливіших показників інноваційної діяльності є якість новоствореної продукції, яка характеризується сукупністю властивостей цієї продукції, що зумовлюють її здатність задовольняти потреби споживачів відповідно до призначення. На якісний товар завжди є попит, він реалізується за вищою ціною і, відповідно, підприємство одержить більше прибутку. Підвищення якості продукції забезпечує ефективну діяльність підприємства в умовах ринку, бо воно рівнозначне зростанню обсягів її виробництва, але із меншими витратами.

Оцінювання рівня якості інноваційного рішення, у нашому випадку,

проведемо з метою здійснення порівняльного аналізу та визначення найбільш ефективного, з технічної точки зору, варіанта інженерного рішення. Під час оцінювання якості розроблюваної нами конструкції визначимо її відносний рівень.

Знайти відносний рівень якості запропонованої для розроблення (проектування) продукції можна шляхом порівняння її показників з відповідними абсолютними показниками якості найліпшого вітчизняного чи зарубіжного аналога (товару-конкурента). Крім того, за товар-конкурент для нашої конструкції потрібно прийняти виріб з найкращими показниками, який наявний на ринку подібної продукції, або запроектований виріб, про який є відповідна інформація. В якості товару-конкурента, у нашому випадку, як вже згадувалось раніше, приймаємо портативний кардіомонітор «*QardioCore*» (є базовим приладом). Процес порівняння показників визначених товарів ілюструється таблицею 1.9.

Обчислимо відносні (одиничні) показники якості (індекси якості) ( $q_i$ ) нашого інноваційного рішення за кожним обраним параметром [36]. При цьому врахуємо те, що збільшення значень показника «1» – призводить до погіршення якості продукції, а збільшення рівнів решти показників – приводить до покращення якості визначеної продукції. Дана умова визначає вигляд нижченаведених розрахункових формул для визначення параметричних індексів якості.

Таблиця 1.9 – Порівняння показників нового та базового продуктів

<i>Показник (параметр) якості</i>	<i>Варіанти</i>		<i>Відносний показник якості, <math>q_i</math></i>	<i>Коефіцієнт вагомості параметра, <math>\alpha_i</math></i>
	<i>Базовий (товар-конкурент)</i>	<i>Новий (інноваційне рішення)</i>		
1. Габаритні розміри корпусу (Д × Ш × В), мм	193 × 102 × 10	110 × 100 × 30	0,6	0,10
2. Час автономної роботи, год	24	24	1	0,15
3. Ремонтпридатність (балів)	3	9	3	0,20



4. Уніфікація та взаємозамінність (балів)	1	10	10	0,30
5. Простота використання та модернізації (балів)	4	8	2	0,25

У результаті отримаємо наступні обрахунки та числові значення:

$$q_1 = \frac{P_{Б.1}}{P_{Н.1}} = \frac{193 \times 102 \times 10}{110 \times 100 \times 30} = 0,60;$$

$$q_2 = \frac{P_{Н.2}}{P_{Б.2}} = \frac{24}{24} = 1;$$

$$q_3 = \frac{P_{Н.3}}{P_{Б.3}} = \frac{9}{3} = 3;$$

$$q_4 = \frac{P_{Н.4}}{P_{Б.4}} = \frac{10}{1} = 10;$$

$$q_5 = \frac{P_{Н.5}}{P_{Б.5}} = \frac{8}{4} = 2,$$

де  $P_{Н.i}$ ,  $P_{Б.i}$  – числові значення  $i$ -го параметра (показника) відповідно інноваційного продукту і базового виробу (див. таблицю 1.9).

Підрахуємо відносний рівень якості інноваційного рішення ( $K_{я.в.}$ ), із врахуванням коефіцієнтів вагомості відповідних параметрів, наступним способом:

$$\begin{aligned} K_{я.в.} &= \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i = q_1 \cdot \alpha_1 + q_2 \cdot \alpha_2 + q_3 \cdot \alpha_3 + q_4 \cdot \alpha_4 + q_5 \cdot \alpha_5 = \\ &= 0,60 \cdot 0,10 + 1 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 + 10 \cdot 0,30 + 2 \cdot 0,25 = 4,31 \text{ (од.)}. \end{aligned}$$

де  $\alpha_i$  – вагомість  $i$ -го параметричного показника (параметра).

Оскільки розрахована величина  $K_{я.в.} > 1$ , то відносний рівень якості запропонованої для розроблення (проектування) нової конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу є вищим (за прийнятими нами показниками якості), ніж базового пристрою (портативного кардіомонітора «*QardioCore*»), який вже давно існує на ринку України та застосовується для контролю

серцевого ритму.

### **1.11 Оцінювання конкурентоспроможності нової розробки**

Успішність функціонування будь-якого підприємства залежить від рівня конкурентоспроможності тієї продукції, яка пропонується споживачам [37].

Конкурентоспроможність інноваційних товарів або послуг означає їхню спроможність витримувати конкуренцію, тобто бути вигідно реалізованими поряд або замість інших конкуруючих товарів чи послуг, які існують на ринку. Конкурентоспроможність є не що інше, як можливість успішного продажу товару на цьому ринку у визначений момент часу. Це залежить від багатьох чинників, а саме: цін і умов платежу; строків та умов постачання; організації інформування споживачів; системи оподаткування; платоспроможності населення.

Під конкурентоспроможністю розуміється комплекс споживчих і вартісних характеристик товару, визначаючих його успіх на ринку, або спроможність саме даного товару бути обмінним на гроші в умовах широкої пропозиції конкуруючих товарів-аналогів. Водночас конкурентоспроможною можна вважати лише однорідну продукцію з технічними параметрами і техніко-економічними показниками, що ідентичні аналогічним показникам уже проданого товару. Для того, щоб високоякісний товар був одночасно і конкурентоспроможним, він має відповідати критеріям оцінювання споживачів конкретного ринку в конкретний час. За наявності вибору споживачі купують найбільш конкурентоспроможний товар, а саме такий, який на одиницю своєї вартості(ціни) задовольняє більше потреб і на більш високому рівні, ніж товари конкурентів. Отже, *конкурентоспроможність продукту* – це сукупність споживчих властивостей конкретного товару, які характеризують його відмінність від конкурентного товару за ступенем відповідності конкретній потребі з урахуванням сукупних витрат на її задоволення. Для задоволення конкретної потреби товаровиробник пропонує набір властивостей і параметрів,

а споживач обирає товар за наявності збігу його параметрів з умовними характеристиками прогнозованої потреби. Такими характеристиками найчастіше виступають нормативні, технічні та економічні параметри [38]. Нормативні параметри характеризують властивості товару, регламентовані обов'язковими нормами, стандартами і законодавством ринків майбутнього продажу. До групи технічних параметрів, що їх використовують для оцінювання конкурентоспроможності, зазвичай вносять показники призначення та надійності, а також ергономічні та естетичні показники. Крім того, задовольняючи власні потреби, покупець витрачає свої гроші як на придбання товару, так і на його використання. Розмір цих витрат зазвичай формує ціну придбання і вартість споживання відповідного товару. Отже, економічні параметри визначають витрати на виробництво та ціни споживання через витрати на купівлю, обслуговування, споживання, утилізацію товару [39, 40].

Враховуючи вищесказане, нам потрібно визначити рівень конкурентоспроможності запропонованого для розроблення інноваційного рішення (мобільного кардіомонітора) за інтегральним показником. Для цього спочатку встановимо показники порівняння за основними групами параметрів, які будуть використані в подальшому розрахунку рівня загального показника конкурентоспроможності інноваційного продукту, і зведемо їх до нижченаведеної таблиці 1.10.

Розрахуємо індекс нормативних параметрів ( $I_{Н.П.}$ ) як відношення добутоків нормативних показників відповідно нового і базового продуктів, таким чином:

$$I_{Н.П.} = \frac{\prod_{i=1}^n P_{Н.норм.i}}{\prod_{i=1}^n P_{Б.норм.i}} = \frac{P_{Н.норм.1} \cdot P_{Н.норм.2} \cdot P_{Н.норм.3}}{P_{Б.норм.1} \cdot P_{Б.норм.2} \cdot P_{Б.норм.3}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot 1 \cdot 1} = 1,$$

де  $n$  – кількість нормативних показників, які підлягають оцінюванню, (3);

$P_{Н.норм.i}$ ,  $P_{Б.норм.i}$  – значення  $i$ -тих нормативних показників відповідно нового та базового товарів (свідчать про відповідність нормам та стандартам).

Таблиця 1.10 – Нормативні, технічні та економічні параметри пристроїв

<i>Показник відповідної групи параметрів конкурентоспроможності</i>	<i>Варіанти</i>		<i>Коефіцієнт вагомості параметра, <math>\alpha_i</math></i>
	<i>Базовий (товар-конкурент)</i>	<i>Новий (інноваційне рішення)</i>	
● Нормативні параметри	–	–	–
1. Патентна чистота	1	1	–
2. Екологічна безпека	1	1	–
3. Електрична безпека	1	1	–
● Технічні параметри	–	–	–
1. Габаритні розміри корпусу (Д × Ш × В), мм	193 × 102 × 10	110 × 100 × 30	0,10
2. Час автономної роботи, год	24	24	0,15
3. Ремонтопридатність (балів)	3	9	0,20
4. Уніфікація та взаємозамінність (балів)	1	10	0,30
5. Простота використання та модернізації (балів)	4	8	0,25
● Економічні параметри	–	–	–
1. Експлуатаційні витрати, грн	≈ 2750	≈ 1000	0,5
2. Капітальні вкладення споживача	≈ 12100	≈ 4400	0,5

Підрахуємо індекс економічних параметрів ( $I_{E. П.}$ ) як відношення значень економічних показників відповідно нового і базового товарів, таким способом:

$$\begin{aligned}
 I_{E. П.} &= \sum \frac{P_{Н. ек. i} \cdot \alpha_i}{P_{Б. ек. i}} = \frac{P_{Н. ек. 1} \cdot \alpha_1}{P_{Б. ек. 1}} + \frac{P_{Н. ек. 2} \cdot \alpha_2}{P_{Б. ек. 2}} = \\
 &= \frac{1000 \cdot 0,5}{2750} + \frac{4400 \cdot 0,5}{12100} = 0,364,
 \end{aligned}$$

де  $n$  – кількість економічних показників, які підлягають оцінюванню, (2);

$P_{Н. ек. i}$ ,  $P_{Б. ек. i}$  – економічні показники нового та базового товару, грн;

$\alpha_i$  – вагомість  $i$ -го параметричного показника (параметра).

Знайдемо інтегральний показник конкурентоспроможності ( $K_{INT.}$ ), маємо:

$$K_{INT.} = I_{H.П.} \cdot \frac{I_{T.П.}}{I_{E.П.}} = 1 \cdot \frac{4,31}{0,364} = 11,85 ,$$

де  $I_{T.П.}$  – індекс технічних параметрів; для нашого випадку:  $I_{T.П.} = K_{я.в.} = 4,31$ .

Отже, оскільки  $K_{INT.} > 1$ , то пропонуване інноваційне рішення є більш конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент, який обраний за базу для порівняння, а розроблення пристрою мобільного кардіомоніторингу є доцільним.

### 1.12 Висновки щодо виконання першого розділу

Під час виконання першого розділу даної магістерської кваліфікаційної роботи ми здійснювали аналітичний огляд питання щодо розробки конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, а саме: розглянули загальні принципи моніторингу стану людини та встановили, що системи клінічного моніторингу здійснюють не тільки багатопараметричний контроль стану пацієнта, але й допомагають з діагностикою, вибором доцільної тактики лікування і виконанням невідкладної інтенсивної терапії; надали загальні відомості про електрокардіомонітори та навели основні особливості побудови та застосування цих пристроїв; описали основні медичні та експлуатаційні вимоги до кардіомоніторів, які визначають характеристики та можливості КМ; розглянули параметри електрокардіосигналу для проведення кардіомоніторингу та визначили ключові елементи досліджуваних сигналів; навели загальну класифікацію кардіомоніторів, що дало змогу зрозуміти конструкційні особливості останніх залежно від сфери застосування; здійснили обґрунтування та вибір аналога для наступного його порівняння з нашим пристроєм; виконали оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДДКР; оцінили комерційний потенціал розробки та рівень її новизни; оцінили рівень якості та конкурентоспроможність нашого приладу.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Розрахунок кошторису витрат на проведення НДДКР

Науково-дослідні установи й організації можуть виконувати науково-дослідні, проектні та дослідно-конструкторські роботи на замовлення за конкретну плату. При цьому важливим видом витрат для даних установ є витрати, які пов'язані з виконанням науково-дослідних робіт (НДР), створенням дослідних зразків приладів і машин, механізмів, придбанням предметів та обладнання, матеріалів для наукових цілей. Усі витрати науково-дослідної установи, що пов'язані з виконанням замовлень на наукові дослідження, відображаються в спеціальному кошторисі витрат, в якому обсяг виконаних робіт визначається як сума їх вартості протягом визначеного звітного періоду власними силами наукових організацій за прямими договорами та без податку на додану вартість.

З метою визначення всіх планових затрат науково-дослідних організацій щодо виконання науково-дослідних робіт здійснюється їх планування за такими економічними елементами: матеріальні витрати, оплата праці, відрахування на соціальні заходи, службові відрядження, виконання робіт сторонніми підприємствами, паливо та енергію для науково-виробничих цілей, спеціальне устаткування для експериментальних робіт, накладні та інші витрати. Планування витрат за статтями калькуляції дає змогу визначити планову собівартість НДР, при цьому об'єктом планування та калькулювання є науково-дослідні роботи загалом або їх окремі етапи. Витрати на проведення НДР науково-дослідна установа планує самостійно на основі розрахунків, результати яких відображаються в калькуляції кошторисної вартості загалом за науковою темою [99].

Шляхом проведення описаних нижче кроків та дій, розрахуємо кошторис витрат на проведення НДДКР із дослідження та розробки конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу. Для успішного виконання поставленої задачі, спочатку, на основі вже існуючих складових технічної документації та

емпіричних знань, визначимо необхідні нам для проведення розрахунків вхідні дані.

Дані про основну заробітну плату розробників приведемо в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Величина витрат на основну заробітну плату розробників

<i>Найменування посади</i>	<i>Місячний посадовий оклад, <math>M_{п.і}</math>, грн</i>	<i>Оплата за один робочий день, грн</i>	<i>Число днів роботи, <math>t_{р.і}</math>, днів</i>	<i>Витрати на заробітну плату, грн</i>
1. Керівник проекту	10850,00	493,18	44	21700,00
2. Інженер-конструктор біомедичної апаратури	6700,00	304,55	22	6700,00
3. Старший науковий співробітник	7000,00	318,18	36	11454,55
4. Інженер-схемотехнік	6100,00	277,27	7	1940,91
5. Консультант (лікар-кардіолог)	6500,00	295,45	2	590,91
6. Технік першої категорії	5210,00	236,82	44	10420,00
<b>Всього:</b>				<b>52806,36</b>

Інформацію про погодинні тарифні ставки робітників визначимо виходячи із даних, наведених у літературних джерелах, та приведемо в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Погодинні тарифні ставки робітників [35, 100 – 103]

<i>Розряд, <math>j</math></i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Погодинна тарифна ставка <math>C^j</math>, грн</i>	25,13	27,64	33,93	37,70	42,72	50,26	55,29	60,31

Дані про основну заробітну плату робітників приведемо в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

<i>Найменування виконуваних робіт</i>	<i>Тривалість операції, <math>t_i</math>, год</i>	<i>Розряд роботи на <math>i</math>-тій операції</i>	<i>Погодинна тарифна ставка, <math>C_i</math>, грн</i>	<i>Величина оплати на робітника, грн</i>
---------------------------------------	---	---	--	--

1. Макетування розробленої схеми пристрою	8,00	5	42,72	563,92
2. Відлагодження схеми	4,00	6	50,26	331,72
3. Випробовування схеми	24,0	5	42,72	1691,75
4. Нанесення паяльної пасти на ДП та позиціонування радіокомпонентів за КД	1,00	3	33,93	55,98

Продовження таблиці 4.3

<i>Найменування виконуваних робіт</i>	<i>Тривалість операції, <math>t_i</math>, год</i>	<i>Розряд роботи на <math>i</math>-тій операції</i>	<i>Погодинна тарифна ставка, <math>C_i</math>, грн</i>	<i>Величина оплати на робітника, грн</i>
5. Запаювання радіоелементів та відмивання ДП	3,00	6	50,26	248,79
6. Підготовка деталей та збірка складових пристрою	2,00	3	33,93	111,95
7. Загальний контроль якості пристрою та тестування його роботи на практиці	7,00	4	37,70	435,38
<b>Всього:</b>				<b>3439,48</b>

Інформацію про використані матеріали зведемо в таблицю 4.4 [104 – 112].

Таблиця 4.4 – Витрати на основні матеріали при розробці пристрою

<i>Найменування матеріалу, марка, тип, сорт</i>	<i>Ціна за одиницю, грн (<math>C'_j</math>)</i>	<i>Норма витрат, од. (<math>H'_j</math>)</i>	<i>Величина відходів, од. (<math>B'_j</math>)</i>	<i>Ціна відходів, грн (<math>C'_{e,j}</math>)</i>	<i>Вартість витраченого матеріалу, грн</i>
1. Папір офісний CAPTAIN Universal – білий (формат А4), уп.	85,08	2	0	0	190,58
2. Набір канцелярського приладдя Norma, шт.	82,89	6	0	0	571,94
3. USB накопичувач на 32 Гб Kingston, шт.	159,0	1	0	0	174,90
4. Тонер ColorWay	61,00	1	0,2	0	69,54



(ТН-М402), уп.					
5. Паста паяльна <i>Mechanic XG-50</i> , г	3,070	5	0,5	0	17,65
6. Дріт монтажний <i>AVR0,35-19</i> , см	0,710	15	1,4	0	12,03
7. Змивка (ДП), мл	0,230	250	250	0	64,40
8. Дихлоретан, мл	1,200	2	0,45	0	2,76
9. Лак захисний <i>Plastik-70</i> , мл	0,960	17	3	0	17,95
<b>Всього:</b>					<b>1121,76</b>

Дані про комплектуючі приведемо в таблиці 4.5 [53 – 77, 113, 114].

Таблиця 4.5 – Комплектуючі, які необхідні для виконання НДДКР

<i>Найменування виду комплектуючих</i>	<i>Кількість, Н<sub>і</sub>, шт.</i>	<i>Ціна (Ц<sub>і</sub>) за штуку, грн</i>	<i>Сума, грн</i>
1. Комплект корпусу (ASA)	1	≈ 200,00	228,00
2. Відсік акумулятора (18650)	1	4,60	5,15
3. Плата друкована (двостороння)	1	55,83	64,20
4. Резонатор кварцовий «НС-49»	1	9,00	9,99
5. Конденсатор «Panasonic EEE-FK»	5	3,10	17,52
6. Конденсатор «Hitano C1206B»	19	1,20	25,99
7. Мікросхема «TP4056»	1	8,00	8,96
8. Мікросхема «CE8301A50P»	1	5,00	5,75
9. Мікросхема «FS8205A»	1	3,00	3,39
10. Мікросхема «AD8232ACPZ-R7»	1	76,45	84,10
11. Мікросхема «DW01A»	1	1,90	2,17
12. Мікросхема «AMS1117-3,3»	1	7,00	7,70
13. Мікросхема «LM339AD»	1	3,89	4,40
14. Мікросхема «STM32F103C8T6»	1	55,00	61,60
15. Акумулятор «Samsung 18650»	1	175,00	201,25
16. Дисплей «LCD-TFT-ILI9341»	1	305,90	339,55
17. Зумер «НСМ0903АХ-82»	1	30,50	34,47
18. Світлодіод «SMD 1206»	8	1,59	14,12
19. Дросель «CD54NP-470LC»	1	16,06	17,99
20. Перемикач кнопочний «PS-800L»	1	3,00	3,45
21. Резистор «1206»	37	0,12	5,02

22. Кнопка тактова «KLS7»	5	2,00	11,10
23. Діод Шоттки «1N5819HW-7-F»	2	2,75	6,27
24. Вилка однорядна «PLS-02»	2	0,25	0,57
25. Гніздо «35RASMT4BHNTRX»	1	28,61	31,76
26. Гніздо «Micro USB-2.0»	1	30,59	34,87
27. Гніздо «KLS1-540A-1X02-H-2»	2	2,00	4,40
28. Гніздо однорядне «PBS-14»	1	4,50	5,09
<b>Всього:</b>			<b>1238,80</b>

Дані про амортизацію обладнання і приміщення приведемо в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Інформація про амортизаційні відрахування [115 – 120]

<i>Найменування обладнання (або приміщення)</i>	<i>Балансова вартість, Цб. і, грн</i>	<i>Строк корисного використан ня, T<sub>кор. і</sub>, років</i>	<i>Термін використан ня, t<sub>вик. і</sub>, місяців</i>	<i>Величина амортиза- ційних відрахувань, грн</i>
1. Обчислювальний центр та комп'ютеризована система проектування	18230,00	10	2	303,83
2. Лабораторія	420700,00	25	2	2804,67
3. Програмне забезпечення	9500,00	4	2	395,83
4. Мультиметр цифровий настільний	8224,00	10	2	137,07
5. Функціональний генератор	3625,00	10	2	60,42
6. Осцилограф	7799,00	10	2	129,98
7. Паяльна станція	1499,00	4	2	62,46
8. Радіомонтажний інструмент	1555,00	4	2	64,79
<b>Всього (Аобл.):</b>				<b>3959,05</b>

Інформацію про використання електроенергії відобразимо в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на електроенергію в процесі НДДКР

<i>Найменування обладнання, яке</i>	<i>Встановле на</i>	<i>Тривалість роботи</i>	<i>Коефіцієнт використан</i>	<i>Сума, грн</i>
---	-------------------------	------------------------------	----------------------------------	----------------------

<i>застосовується</i>	<i>потужність, W<sub>в.і</sub>, кВт</i>	<i>обладнання, t<sub>об.і</sub>, год</i>	<i>коefficient потужності і, K<sub>ен.і</sub></i>	
1. Обчислювальний центр та комп'ютеризована система проектування	0,900	182	0,98	461,79
2. Мультиметр цифровий настільний	0,020	27	0,99	1,36
3. Функціональний генератор	0,005	18	0,95	0,22

Продовження таблиці 4.7

<i>Найменування обладнання, яке застосовується</i>	<i>Встановле на потужність, W<sub>в.і</sub>, кВт</i>	<i>Тривалість роботи, t<sub>об.і</sub>, год</i>	<i>Коефіцієнт використан ня потужності і, K<sub>ен.і</sub></i>	<i>Сума, грн</i>
4. Осцилограф	0,018	32	0,92	1,38
5. Паяльна станція	0,370	10	1,00	13,27
<b>Всього:</b>				<b>478,01</b>

Згідно з початковими даними, які подаються у наведених вище таблицях 4.1 – 4.7 та використовуючи формули (3.1)...(3.11), що приведені в методичних вказівках для виконання даного розділу роботи [34], здійснимо наступні кроки:

- Обрахуємо витрати на основну заробітну плату розробників ( $Z_{o.p.i}$ ) за відповідними найменуваннями посад, користуючись формулою (4.1):

$$Z_{o.p.} = \sum_{i=1}^k \frac{M_{n.i} \cdot t_{p.i}}{T_p}, \quad (4.1)$$

де  $k$  – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень (б);

$M_{n.i}$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн;

$T_p$  – середнє число робочих днів у місяці ( $T_p = 21 \dots 23$  дні); у нас – 22 дні;

$t_{p.i}$  – число днів роботи конкретного розробника [100].

Отримані на цьому кроці результати обчислень зведемо до таблиці 4.1.

- Обчислимо витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ), які

здійснюють підготовчі роботи для НДДКР з дослідження та розробки конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, виготовлення експериментального пристрою, складання та попереднє налагодження, на основі визначених норм часу за відповідними найменуваннями робіт, користуючись формулою (4.2):

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \cdot K_c, \quad (4.2)$$

де  $n$  – число робіт за видами та розрядами (7);

$t_i$  – час роботи (норма часу чи трудомісткість) робітника на визначеній  $i$ -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год (див. таблицю 4.3);

$K_c$  – коефіцієнт співвідношень, встановлений Міжгалузевою угодою між урядом та профспілками [103] ( $K_c = 1 \dots 5$ ); для робітників основного й допоміжного виробництва, у нашому випадку, даний коефіцієнт становить:  $K_c = 1,65$ ;

$C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду на  $i$ -тій технологічній операції, за виконану відповідну роботу, грн/год; для нашого випадку погодинні тарифні ставки робітників ми визначимо за допомогою таблиці 4.2, де їхні значення точно розраховано відносно погодинного розміру заробітної плати (встановлений Законом України «Про Державний бюджет України на 2019 рік» від 23.11.2018 р. № 2629-VIII) таким чином (лише деякі) [121]:

$$\begin{aligned} C_1 &= 25,13 \cdot K''_1 = 25,13 \cdot 1,7 = 42,72 \text{ (грн / год)}; \\ C_2 &= 25,13 \cdot K''_2 = 25,13 \cdot 2,0 = 50,26 \text{ (грн / год)}; \\ C_4 &= 25,13 \cdot K''_4 = 25,13 \cdot 1,35 = 33,93 \text{ (грн / год)}; \\ C_7 &= 25,13 \cdot K''_7 = 25,13 \cdot 1,5 = 37,70 \text{ (грн / год)}, \end{aligned}$$

де  $25,13$  – погодинний розмір мінімальної заробітної плати у 2019 році [121];

$K''_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду на  $i$ -тій операції; для нашого випадку тарифні коефіцієнти були визначені за допомогою довідкового літературного джерела [103]:  $K''_1 = 1,7$ ;  $K''_2 = 2$ ;  $K''_4 = 1,35$ ;  $K''_7 = 1,5$ .

Погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду на  $i$ -тій технологічній операції також може бути приблизно визначена за формулою (4.3):

$$C_i \approx \frac{M_{м.} \cdot K''_i}{T_{р.} \cdot T_{зм.}}, \quad (4.3)$$

де  $M_{м.}$  – мінімальна місячна оплата праці, грн; у 2019 р., маємо:  $M_{м.} = 4173$  грн.

$K''_i$  – тарифний коефіцієнт робітника певного розряду на  $i$ -тій операції;

$T_{р.}$  – число робочих днів у місяці ( $T_{р.} = 21 \dots 23$  дні);

$T_{зм.}$  – тривалість зміни, годин ( $T_{зм.} = 8$  годин).

Одержані на цьому етапі результати обчислень зведемо до таблиці 4.3.

- Визначимо витрати на додаткову заробітну плату всіх розробників та робітників ( $Z_{дод.}$ ), які брали участь у проведенні НДДКР з дослідження та розробки пристрою КМ. Ці кошти становлять (10...12) % від суми основної заробітної плати розробників та робітників і розраховуються наступним способом:

$$Z_{дод.} = H_{дод.} \cdot (Z_{о.р.} + Z_{р.}) = 0,12 \cdot (52806,36 + 3439,48) = 6749,50 \text{ (грн)},$$

де  $H_{дод.}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати; у нашому випадку, дана величина дорівнює наступному значенню:  $H_{дод.} = 12 \% / 100 \% = 0,12$ .

- Розрахуємо величину нарахувань на заробітну плату розробників та робітників ( $Z_{н.}$ ), яка знаходиться як певний відсоток від суми всіх витрат на оплату праці працівників, зайнятих безпосередньо НДДКР, наступним способом:

$$\begin{aligned}
 Z_{н.} &= (Z_{o.p.} + Z_{p.} + Z_{одд.}) \cdot H_{зн.} = \\
 &= (52806,36 + 3439,48 + 6749,50) \cdot 0,22 = 13858,98 \text{ (грн)},
 \end{aligned}$$

де  $H_{зн.}$  – норма нарахування на заробітну плату працівників; у нашому випадку, використаємо в якості цієї норми нарахування ставку єдиного соціального внеску (ЄСВ) на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, яка станом на 28.11.19 становить 22 %, тобто, маємо наступне:  $H_{зн.} = 22 \% / 100 \% = 0,22$ .

• Підрахуємо у вартісному вираженні витрати на матеріали ( $M$ ), що були використані при виконанні етапів нашої НДДКР, керуючись формулою (4.4):

$$M = \sum_{j=1}^n H'_j \cdot \Pi'_j \cdot K'_j - \sum_{j=1}^n B'_{e.j} \cdot \Pi'_{e.j}, \quad (4.4)$$

де  $H'_j$  – норма витрати матеріалу  $j$ -го найменування, од. (див. таблицю 4.4);

$n$  – кількість видів використаних матеріалів, (9);

$\Pi'_j$  – вартість одиниці матеріалу  $j$ -го найменування, грн / од;

$K'_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K'_j = 1,1 \dots 1,15$ ); у нашому випадку, приймаємо наступні коефіцієнти транспортних витрат:  $K'_1 = 1,12$ ;  $K'_2 = 1,15$ ;  $K'_3 = 1,10$ ;  $K'_4 = 1,14$ ;  $K'_5 = 1,15$ ;  $K'_6 = 1,13$ ;  $K'_7 = 1,12$ ;  $K'_8 = 1,15$ ;  $K'_9 = 1,10$ ;

$B'_j$  – величина відходів  $j$ -го найменування, од;

$\Pi'_{e.j}$  – вартість одиниці відходів  $j$ -го найменування, грн / од.

Отримані на цьому етапі результати обчислень зведемо до таблиці 4.4.

• Знайдемо витрати на комплектуючі вироби ( $K_e$ ), які використовуються при виготовленні одиниці продукції, по їх номенклатурі, за формулою (4.5):

$$K_e = \sum_{j=1}^n H_j \cdot \Pi_j \cdot K_j, \quad (4.5)$$

де  $H_j$  – кількість комплектуючих  $j$ -го виду, шт.; у нашому випадку, маємо наступні кількості:  $H_1 = 1$  шт.;  $H_2 = 1$  шт.;  $H_3 = 1$  шт.;  $H_4 = 1$  шт.;  $H_5 = 5$  шт.;  $H_6 = 19$  шт.;  $H_7 = 1$  шт.;  $H_8 = 1$  шт.;  $H_9 = 1$  шт.;  $H_{10} = 1$  шт.;  $H_{11} = 1$  шт.;  $H_{12} = 1$  шт.;  $H_{13} = 1$  шт.;  $H_{14} = 1$  шт.;  $H_{15} = 1$  шт.;  $H_{16} = 1$  шт.;  $H_{17} = 1$  шт.;  $H_{18} = 8$  шт.;  $H_{19} = 1$  шт.;  $H_{20} = 1$  шт.;  $H_{21} = 37$  шт.;  $H_{22} = 5$  шт.;  $H_{23} = 2$  шт.;  $H_{24} = 2$  шт.;  $H_{25} = 1$  шт.;  $H_{26} = 1$  шт.;  $H_{27} = 2$  шт.;  $H_{28} = 1$  шт.;

$n$  – кількість видів використаних комплектуючих, (28);

$C_j$  – покупна ціна комплектуючих  $j$ -го виду (найменування), грн;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ ); у нашому випадку, приймаємо значення коефіцієнтів:  $K_1 = 1,14$ ;  $K_2 = 1,12$ ;  $K_3 = 1,15$ ;  $K_4 = 1,11$ ;  $K_5 = 1,13$ ;  $K_6 = 1,14$ ;  $K_7 = 1,12$ ;  $K_8 = 1,15$ ;  $K_9 = 1,13$ ;  $K_{10} = 1,10$ ;  $K_{11} = 1,14$ ;  $K_{12} = 1,10$ ;  $K_{13} = 1,13$ ;  $K_{14} = 1,12$ ;  $K_{15} = 1,15$ ;  $K_{16} = 1,11$ ;  $K_{17} = 1,13$ ;  $K_{18} = 1,11$ ;  $K_{19} = 1,12$ ;  $K_{20} = 1,15$ ;  $K_{21} = 1,13$ ;  $K_{22} = 1,11$ ;  $K_{23} = 1,14$ ;  $K_{24} = 1,13$ ;  $K_{25} = 1,11$ ;  $K_{26} = 1,14$ ;  $K_{27} = 1,10$ ;  $K_{28} = 1,13$ .

Одержані на даному етапі результати обчислень зведемо до таблиці 4.5.

• Визначимо величину витрат на амортизацію обладнання та приміщення, які використовуються для виконання нашої НДДКР. У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмного забезпечення ( $A_{обл. i}$ ) можуть бути знайдені шляхом використання прямолінійного методу амортизації, за наведеною нижче формулою (4.6):

$$A_{обл. i} = \frac{C_{б. i}}{T_{кор. i}} \cdot \frac{t_{вик. i}}{12}, \quad (4.6)$$

де  $C_{б. i}$  – балансова вартість всього обладнання, приміщень та програмного забезпечення, які використовувались для виконання відповідної НДДКР, грн;

$T_{кор. i}$  – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, р;

$t_{вик. i}$  – термін використання обладнання, приміщень тощо під час дослідження та розробки нашого пристрою, місяців (див. таблицю 4.6);

$I2$  – число (кількість) місяців в одному календарному році.

Отримані на цьому кроці результати обчислень зведемо до таблиці 4.6.

• Підрахуємо загальні витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) враховуючи кожен вид обладнання, яке її споживає в процесі НДДКР, за формулою (4.7):

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{e.i} \cdot t_{об.i} \cdot C_{e.} \cdot K_{ен.i}}{\eta_i}, \quad (4.7)$$

де  $W_{e. i}$  – встановлена потужність  $i$ -го обладнання, кВт (див. таблицю 4.7);

$n$  – кількість встановленого обладнання для проведення НДДКР, (5);

$t_{об. i}$  – фактична тривалість роботи  $i$ -го обладнання, год;

$C_{e.}$  – вартість однієї кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії дізнаємося у своєї енергопостачальної компанії на 28.11.19:  $C_{e.} = 2,474$  грн);

$K_{ен. i}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності  $i$ -тим обладнанням,  $K_{ен. i} < 1$ ; прийняті значення даних коефіцієнтів зведемо до таблиці 4.7;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання; для нашого випадку приймаємо їх наступними:  $\eta_1 = 0,86$ ;  $\eta_2 = 0,97$ ;  $\eta_3 = 0,98$ ;  $\eta_4 = 0,95$ ;  $\eta_5 = 0,69$ .

Визначені результати проведених розрахунків зведемо до таблиці 4.7.

• Обчислимо величину інших витрат ( $I$ ), які охоплюють: витрати на управління організацією, оплату службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Величину інших витрат доцільно приймати як (200...300) % від суми основної заробітної плати робітників та розробників, що виконували конкретну НДДКР, отримаємо наступний розрахунок:



$$I = (Z_{o.p.} + Z_p) \cdot 200\% / 100\% =$$

$$= (52806,36 + 3439,48) \cdot 200\% / 100\% = 112491,69 \text{ (грн)}.$$

Загальна сума всіх розрахованих вище статей витрат складе шукані загальні витрати ( $B_{НДДКР}$ ) на проведення НДДКР із дослідження та розробки конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, визначаємо цю величину так:

$$B_{НДДКР} = Z_{o.p.} + Z_p + Z_{од.} + Z_n + M + K_v + A_{обл.} + B_e + I =$$

$$= 52806,36 + 3439,48 + 6749,50 + 13858,98 + 1121,76 +$$

$$+ 1238,80 + 3959,05 + 478,01 + 112491,69 =$$

$$= 196143,63 \text{ (грн)}.$$

#### 4.2 Калькуляція виробничої та повної собівартості кардіомонітора

Собівартість є одним з найважливіших економічних показників господарської діяльності підприємства, одним з основних показників якості його роботи.

Під собівартістю продукції розуміють, у економічному значенні, сукупні витрати на її виробництво і збут, тобто вартість усіх ресурсів, які були використані для перетворення вхідного продукту у вихідний за умови розширеного відтворення. Витрати на виробництво товарної продукції, продукції, що підлягає реалізації, та кожного виробу знаходять техніко-економічними розрахунками.

Розрахунки витрат на виробництво окремих видів товарів та всієї виготовлюваної продукції називають калькулюванням, або калькуляцією собівартості.

Іншими словами, *калькуляція* – це процес визначення собівартості продукції (робіт, послуг), який передбачає акумулювання витрат на виробництво та віднесення їх на готовий продукт. За допомогою калькуляції ми

зможемо знайти собівартість одиниці продукції. Шляхом проведення описаних нижче кроків, обчислимо планову виробничу собівартість одиниці розроблюваного пристрою, у цьому випадку – пристрою мобільного кардіомоніторингу [39, 122, 123].

Спочатку, на основі вже існуючих складових технічної документації та емпіричних знань, визначимо необхідні для проведення розрахунків вхідні дані.

Інформацію про використанні матеріали зведемо в таблицю 4.8 [108 – 112].

Таблиця 4.8 – Матеріали, які застосовуються при виготовленні продукту

<i>Найменування матеріалу, марка, тип, сорт</i>	<i>Ціна за одиницю, грн (<math>C'_j</math>)</i>	<i>Норма витрат, од. (<math>H'_j</math>)</i>	<i>Величина відходів, од. (<math>B'_j</math>)</i>	<i>Ціна відходів, грн (<math>C'_{в. j}</math>)</i>	<i>Вартість витраченого матеріалу, грн</i>
1. Паста паяльна <i>Mechanic XG-50</i> , г	3,070	5	0,5	0	17,65
2. Дріт монтажний <i>AVR0,35-19</i> , см	0,710	15	1,4	0	12,03
3. Змивка ( <i>ДП</i> ), мл	0,230	250	250	0	64,40
4. Дихлоретан, мл	1,200	2	0,45	0	2,76
5. Лак захисний <i>Plastik-70</i> , мл	0,960	17	3	0	17,95
<b>Всього:</b>					<b>114,80</b>

Дані про комплектуючі приведемо у таблиці 4.9 [53 – 77, 113, 114].

Таблиця 4.9 – Комплектуючі, які необхідні для виготовлення продукту

<i>Найменування виду комплектуючих</i>	<i>Кількість, <math>H_j</math>, шт.</i>	<i>Ціна (<math>C_j</math>) за штуку, грн</i>	<i>Сума, грн</i>
1. Комплект корпусу (ASA)	1	≈ 200,00	228,00
2. Відсік акумулятора (18650)	1	4,60	5,15
3. Плата друкована (двостороння)	1	55,83	64,20
4. Резонатор кварцовий «НС-49»	1	9,00	9,99
5. Конденсатор «Panasonic EEE-FK»	5	3,10	17,52
6. Конденсатор «Hitano C1206B»	19	1,20	25,99

Продовження таблиці 4.9

<i>Найменування виду комплектуючих</i>	<i>Кількість, Н<sub>j</sub>, шт.</i>	<i>Ціна (Ц<sub>j</sub>) за штуку, грн</i>	<i>Сума, грн</i>
7. Мікросхема «TP4056»	1	8,00	8,96
8. Мікросхема «CE8301A50P»	1	5,00	5,75
9. Мікросхема «FS8205A»	1	3,00	3,39
10. Мікросхема «AD8232ACPZ-R7»	1	76,45	84,10
11. Мікросхема «DW01A»	1	1,90	2,17
12. Мікросхема «AMS1117-3,3»	1	7,00	7,70
13. Мікросхема «LM339AD»	1	3,89	4,40
14. Мікросхема «STM32F103C8T6»	1	55,00	61,60
15. Акумулятор «Samsung 18650»	1	175,00	201,25
16. Дисплей «LCD-TFT-ILI9341»	1	305,90	339,55
17. Зумер «HCM0903AX-82»	1	30,50	34,47
18. Світлодіод «SMD 1206»	8	1,59	14,12
19. Дросель «CD54NP-470LC»	1	16,06	17,99
20. Перемикач кнопочний «PS-800L»	1	3,00	3,45
21. Резистор «1206»	37	0,12	5,02
22. Кнопка тактова «KLS7»	5	2,00	11,10
23. Діод Шоттки «1N5819HW-7-F»	2	2,75	6,27
24. Вилка однорядна «PLS-02»	2	0,25	0,57
25. Гніздо «35RASMT4BHNRX»	1	28,61	31,76
26. Гніздо «Micro USB-2.0»	1	30,59	34,87
27. Гніздо «KLS1-540A-1X02-H-2»	2	2,00	4,40
28. Гніздо однорядне «PBS-14»	1	4,50	5,09
<b>Всього:</b>			<b>1238,80</b>

Інформацію про використання електроенергії відобразимо в таблиці 4.10.

Інформацію про погодинні тарифні ставки робітників визначимо виходячи із даних, наведених у літературних джерелах, та приведемо в таблиці 4.11.

Дані про основну заробітну плату приведемо у вигляді таблиці 4.12.

Відповідно до початкових даних, які подаються в таблицях 4.8 – 4.12, обчислимо собівартість виготовлення нового виробу, використовуючи

відповідні формули (4.11)...(4.18), які приведені в методичних вказівках для роботи [39].

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію під час виробництва продукту

<i>Найменування обладнання, яке застосовується</i>	<i>Встановлена на потужність, <math>W_{в. i}, кВт</math></i>	<i>Тривалість роботи обладнання, <math>t_{об. i}, год</math></i>	<i>Коефіцієнт використання потужності <math>i, K_{ен. i}</math></i>	<i>Сума, грн</i>
1. Мультиметр цифровий настільний	0,020	0,30	0,99	1,36
2. Функціональний генератор	0,005	0,50	0,95	0,22
3. Осцилограф	0,018	0,50	0,92	1,38
4. Паяльна станція	0,370	0,25	1,00	13,27
<b>Всього:</b>				<b>16,23</b>

Таблиця 4.11 – Погодинні тарифні ставки робітників [35, 100 – 103]

<i>Розряд, <math>j</math></i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Погодинна тарифна ставка <math>C^j</math>, грн</i>	25,13	27,64	33,93	37,70	42,72	50,26	55,29	60,31

Таблиця 4.12 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

<i>Найменування виконуваних робіт</i>	<i>Тривалість операції, <math>t_i, год</math></i>	<i>Розряд роботи на <math>i</math>-тій операції</i>	<i>Погодинна тарифна ставка, <math>C_i</math>, грн</i>	<i>Величина оплати на робітника, грн</i>
1. Нанесення паяльної пасти на ДП та позиціонування радіокомпонентів за КД	0,35	3	33,93	19,59
2. Запаювання радіоелементів та відмивання ДП	0,25	6	50,26	20,73
3. Підготовка деталей та збірка складових пристрою	0,40	3	33,93	22,39

4. Загальний контроль якості пристрою та тестування його роботи на практиці	0,60	4	37,70	37,32
			<b>Всього:</b>	<b>100,03</b>

• Розрахуємо у вартісному вираженні витрати на матеріали ( $M$ ), які використовуються при виготовленні одного пристрою, керуючись формулою (4.8):

$$M = \sum_{j=1}^n H'_j \cdot \Pi'_j \cdot K'_j - \sum_{j=1}^n B'_j \cdot \Pi'_{e.j}, \quad (4.8)$$

де  $H'_j$  – норма витрати матеріалу  $j$ -го найменування, од. (див. таблицю 4.8);

$n$  – кількість видів використаних матеріалів, (5);

$\Pi'_j$  – вартість одиниці матеріалу  $j$ -го найменування, грн / од;

$K'_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K'_j = 1,1 \dots 1,15$ ); у нашому випадку, приймаємо наступні коефіцієнти транспортних витрат для застосованих у пристрої матеріалів:  $K'_1 = 1,15$ ;  $K'_2 = 1,13$ ;  $K'_3 = 1,12$ ;  $K'_4 = 1,15$ ;  $K'_5 = 1,10$ ;

$B'_j$  – величина відходів  $j$ -го найменування, од;

$\Pi'_{e.j}$  – вартість одиниці відходів  $j$ -го найменування, грн / од.

Отримані на цьому етапі результати обчислень зведемо до таблиці 4.8.

• Знайдемо витрати на комплектуючі вироби ( $K_e$ ), які використовуються при виготовленні одиниці продукції, по їх номенклатурі, за формулою (4.9):

$$K_e = \sum_{j=1}^n H_j \cdot \Pi_j \cdot K_j, \quad (4.9)$$

де  $H_j$  – кількість комплектуючих  $j$ -го виду, шт.; у нашому випадку, маємо наступні кількості:  $H_1 = 1$  шт.;  $H_2 = 1$  шт.;  $H_3 = 1$  шт.;  $H_4 = 1$  шт.;  $H_5 = 5$  шт.;  $H_6 = 19$  шт.;  $H_7 = 1$  шт.;  $H_8 = 1$  шт.;  $H_9 = 1$  шт.;  $H_{10} = 1$  шт.;  $H_{11} = 1$  шт.;  $H_{12} = 1$  шт.;  $H_{13} = 1$  шт.;  $H_{14} = 1$  шт.;  $H_{15} = 1$  шт.;  $H_{16} = 1$  шт.;  $H_{17} = 1$  шт.;

$H_{18} = 8 \text{ шт.}; H_{19} = 1 \text{ шт.}; H_{20} = 1 \text{ шт.}; H_{21} = 37 \text{ шт.}; H_{22} = 5 \text{ шт.}; H_{23} = 2 \text{ шт.};$   
 $H_{24} = 2 \text{ шт.}; H_{25} = 1 \text{ шт.}; H_{26} = 1 \text{ шт.}; H_{27} = 2 \text{ шт.}; H_{28} = 1 \text{ шт.};$

$n$  – кількість видів використаних комплектуючих, (28);

$\Pi_j$  – покупна ціна комплектуючих  $j$ -го виду (найменування), грн;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ ); у нашому випадку, приймаємо значення коефіцієнтів:  $K_1 = 1,14; K_2 = 1,12; K_3 = 1,15; K_4 = 1,11; K_5 = 1,13; K_6 = 1,14; K_7 = 1,12; K_8 = 1,15; K_9 = 1,13; K_{10} = 1,10; K_{11} = 1,14; K_{12} = 1,10; K_{13} = 1,13; K_{14} = 1,12; K_{15} = 1,15; K_{16} = 1,11; K_{17} = 1,13; K_{18} = 1,11; K_{19} = 1,12; K_{20} = 1,15; K_{21} = 1,13; K_{22} = 1,11; K_{23} = 1,14; K_{24} = 1,13; K_{25} = 1,11; K_{26} = 1,14; K_{27} = 1,10; K_{28} = 1,13.$

Одержані на даному етапі результати обчислень зведемо до таблиці 4.9.

• Підрахуємо загальні витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) враховуючи кожен вид обладнання, яке її споживає при виробництві, за формулою (4.10):

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{e.i} \cdot t_{об.i} \cdot \Pi_{e.} \cdot K_{ен.i}}{\eta_i}, \quad (4.10)$$

де  $W_{e.i}$  – встановлена потужність  $i$ -го обладнання підприємства при конкретно визначеному технологічному процесі, кВт (див. таблицю 4.10);

$n$  – кількість встановленого обладнання для виготовлення КМ, (4);

$t_{об.i}$  – фактична тривалість роботи  $i$ -го обладнання підприємства при конкретно визначеному технологічному процесі виготовлення пристрою, год;

$\Pi_{e.}$  – вартість однієї кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії дізнаємося у своєї енергопостачальної компанії на 28.11.19:  $\Pi_{e.} = 2,474$  грн);

$K_{ен.i}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності  $i$ -тим обладнанням,  $K_{ен.i} < 1$ ; прийняті значення даних коефіцієнтів зведемо до таблиці 4.10;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання; для нашого випадку приймаємо

їх наступними:  $\eta_1 = 0,86$ ;  $\eta_2 = 0,97$ ;  $\eta_3 = 0,98$ ;  $\eta_4 = 0,95$ ;  $\eta_5 = 0,69$ .

Визначені результати проведених розрахунків зведемо до таблиці 4.10.

• Обчислимо витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ), які виготовляють пристрій, складають та контролюють його якість, на основі визначених норм часу за відповідними найменуваннями робіт, за формулою (4.11):

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \cdot K_c, \quad (4.11)$$

де  $n$  – число робіт за видами та розрядами (4);

$t_i$  – час роботи (норма часу чи трудомісткість) робітника на  $i$ -й технологічній операції при виготовленні ним одиниці продукції, год (див. таблицю 4.12);

$C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду на  $i$ -тій технологічній операції, за виконану відповідну роботу, грн/год; для нашого випадку погодинні тарифні ставки робітників ми визначаємо за таблицею 4.11, де їхні значення точно розраховано відносно погодинного розміру заробітної плати (він встановлений Законом України «Про Державний бюджет України на 2019 рік» від 23.11.2018 р. № 2629-VIII), отже (покажемо детальніше) [121]:

$$C_1 = 25,13 \cdot K''_1 = 25,13 \cdot 1,35 = 33,93 \text{ (грн / год)};$$

$$C_2 = 25,13 \cdot K''_2 = 25,13 \cdot 2,00 = 50,26 \text{ (грн / год)};$$

$$C_3 = 25,13 \cdot K''_3 = 25,13 \cdot 1,35 = 33,93 \text{ (грн / год)};$$

$$C_4 = 25,13 \cdot K''_4 = 25,13 \cdot 1,50 = 37,70 \text{ (грн / год)},$$

де 25,13 – погодинний розмір мінімальної заробітної плати у 2019 році [121];

$K''_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду на  $i$ -тій операції; у нашому випадку тарифні коефіцієнти були визначені за допомогою довідкового літературного джерела [103]:  $K''_1 = 1,35$ ;  $K''_2 = 2$ ;  $K''_3 = 1,35$ ;  $K''_4 =$

1,5.

Погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду на  $i$ -тій технологічній операції також може бути приблизно визначена за формулою (4.12):

$$C_i \approx \frac{M_m \cdot K''_i}{T_p \cdot T_{зм.}}, \quad (4.12)$$

де  $M_m$  – мінімальна місячна оплата праці, грн; у 2019 р., маємо:  $M_m = 4173$  грн.

$K''_i$  – тарифний коефіцієнт робітника певного розряду на  $i$ -тій операції;

$T_p$  – число робочих днів у місяці ( $T_p = 21 \dots 23$  дні);

$T_{зм.}$  – тривалість зміни, годин ( $T_{зм.} = 8$  годин).

Одержані на цьому етапі результати обчислень зведемо до таблиці 4.12.

• Визначимо витрати на додаткову заробітну плату робітників ( $Z_{дод.}$ ), які становлять (10...12) % від основної заробітної плати робітників, у такий спосіб:

$$Z_{дод.} = H_{дод.} \cdot Z_p = 0,12 \cdot 100,03 = 12 \text{ (грн)},$$

де  $H_{дод.}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати; у нашому випадку, дана величина дорівнює наступному значенню:  $H_{дод.} = 12 \% / 100 \% = 0,12$ .

• Розрахуємо величину нарахувань на заробітну плату робітників ( $Z_n$ ), яка знаходиться як певний відсоток від суми всіх витрат на оплату праці робітників, зайнятих безпосередньо виробництвом продукції, наступним способом:

$$Z_n = (Z_p + Z_{дод.}) \cdot H_{зн.} = (100,03 + 12) \cdot 0,22 = 24,65 \text{ (грн)},$$

де  $H_{зн.}$  – норма нарахування на заробітну плату працівників; у нашому випадку, використаємо в якості цієї норми нарахування ставку єдиного соціального внеску (ЄСВ) на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, яка



станом на 28.11.19 становить 22 %, тобто, маємо наступне:  $H_{zn.} = 22 \% / 100 \% = 0,22$ .

- Обчислимо величину загальновиробничих витрат ( $B_{заг.}$ ). До них належать витрати: пов'язані з управлінням виробництвом (утримання працівників апарату управління, оплата службових відряджень тощо); на повне відновлення та капітальний ремонт основних фондів загальновиробничого призначення; витрати некапітального характеру, пов'язані з удосконаленням технологій та організацією виробництва, поліпшенням якості продукції; на утримання, обслуговування, поточний ремонт виробничих приміщень; на контроль за виробничими процесами та якістю продукції; на забезпечення пожежної безпеки тощо.

У таблиці 4.13 наведемо конкретні нормативи розподілу загальновиробничих витрат (ЗВВ) для прогнозування виробничої собівартості, які відповідають майбутньому виробництву (у % до заробітної плати основних робітників).

За нормативами відносно основної заробітної плати робітників, маємо:

$$B_{заг.} = H'_{зв.} \cdot Z_p = 190 \% / 100 \% \cdot 100,03 = 1,9 \cdot 100,03 = 190,06 \text{ (грн)},$$

де  $H'_{зв.}$  – норматив загальновиробничих витрат, який дорівнює значенню для переважаючого при роботі виду техніки; у нашому випадку, визначальним видом техніки для виробництва пристрою мобільного кардіомоніторингу є вимірювальна техніка, тому, виходячи з даних таблиці 4.13, маємо:  $H'_{зв.} = 190$  %.

Таблиця 4.13 – Нормативи загальновиробничих витрат [35]

Витрати	Позначення	Види техніки					
		ЕОМ	Вимірювальна	Електро-ніка	Радіо-техніка	Механічне устаткування	Інше
ЗВВ	$H_{зв.}$	250 %	190 %	262 %	158 %	277 %	233 %

Загальна сума всіх калькуляційних статей витрат утворює шукану нами планову виробничу собівартість пропонованого інноваційного рішення ( $S_{в.}$ ):

$$\begin{aligned} S_{в.} &= M + K_{в.} + B_{е.} + Z_{р.} + Z_{дод.} + Z_{н.} + B_{заг.} = \\ &= 114,80 + 1238,80 + 16,23 + 100,03 + 12 + 24,65 + 190,06 = \\ &= 1696,57 \text{ (грн)}. \end{aligned}$$

Результати розрахунків усіх видів витрат, на виготовлення одиниці продукції (пристрою мобільного кардіомоніторингу), зведемо до таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Собівартість виготовлення одного виробу

<i>Стаття калькуляції витрат</i>	<i>Умовне позначення</i>	<i>Сума, грн</i>	<i>Примітка</i>
1. Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн	<i>M</i>	114,80	–
2. Витрати на комплектуючі на одиницю продукції, грн	<i>K<sub>в.</sub></i>	1238,80	–
3. Витрати на силову електроенергію, грн	<i>B<sub>е.</sub></i>	16,23	–
4. Витрати на основну заробітну плату робітників, грн	<i>Z<sub>р.</sub></i>	100,03	–
5. Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн	<i>Z<sub>дод.</sub></i>	12,00	–
6. Витрати на нарахування на заробітну плату робітників, грн	<i>Z<sub>н.</sub></i>	24,65	–
7. Загальновиробничі витрати, грн	<i>B<sub>заг.</sub></i>	190,06	–
<b>Всього:</b>	<b><i>S<sub>в.</sub></i></b>	<b>1696,57</b>	–

### 4.3 Розрахунок ціни реалізації мобільного кардіомонітора

Важливою складовою інноваційного продукту, як товару, є ціна [124]. *Ціна* – це грошовий вираз вартості, кількості грошей, що сплачується чи одержується за одиницю товару або послуги. Одночасно ціна відображає споживчі властивості (корисність) товару, купівельну спроможність грошової одиниці, ступінь рідкості товару, силу конкуренції, економічну поведінку ринкових суб'єктів тощо. Вона завжди коливається навколо ціни виробництва (перетвореної форми вартості одиниці товару, що дорівнює сумі витрат виробництва й середнього прибутку) та відображає рівень суспільно необхідних витрат праці.

На рівень цін впливає багато різних факторів. Але на практиці, як правило, враховують чотири основні фактори: 1) собівартість продукції; 2) наявність унікальних властивостей продукції; 3) ціни продуктів-конкурентів та продуктів-замінників; 4) можливості отримання достатнього прибутку [122, 125].

Існує певний діапазон цін, всередині якого може оперувати виробник. Нижня його межа визначається собівартістю виробу, а верхня межа – платоспроможним попитом на товар, тобто не можна встановлювати як демпінгову ціну, так і завищену ціну, за якою реалізація даного виробу стає проблематичним завданням. Серед різних методів ціноутворення на ранніх стадіях проектування поширеним є метод лімітних цін. При цьому визначають нижню та верхню межі ціни. Нижня межа ціни захищає інтереси виробника продукції та передбачає, що ціна повинна покрити витрати виробника, які пов'язані з виготовленням та реалізацією продукції, та має забезпечити рівень рентабельності не нижче того значення, яке має підприємство при виробництві вже освоєної раніше продукції [39, 100].

Враховуючи те, що запропоноване нами для розроблення інноваційне рішення впроваджується за завданням конкретного замовника, підраховуємо нижню межу ціни реалізації даного інноваційного товару ( $C_{н. м.}$ ) таким способом:

$$\begin{aligned} C_{н. м.} &= S_{в.} \cdot \left( 1 + \frac{P\%}{100\%} \right) \cdot \left( 1 + \frac{w\%}{100\%} \right) = \\ &= 1696,57 \cdot \left( 1 + \frac{30\%}{100\%} \right) \cdot \left( 1 + \frac{20\%}{100\%} \right) = 2646,65 \text{ (грн)}, \end{aligned}$$

де  $S_{в.}$  – планова виробнича собівартість нашого інноваційного рішення, грн;

$P$  – норматив рентабельності, який узгоджений із замовником або встановлений державою, ( $P = 30 \dots 60\%$ ); для даного випадку він становить:  $P = 30\%$ ;

$w$  – ставка податку на додану вартість, % (на 28.11.19, маємо:  $w = 20$  %).

Необхідність урахування податку на додану вартість (ПДВ) виникає через те, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай вже містить цей податок у своєму складі [100].

Верхня межа ціни захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю. Зважаючи на те, що ціна базового пристрою (портативного кардіомонітора «*QardioCore*») станом на 29.11.19 складає 10999 грн [29], то цього значення буде цілком достатньо для орієнтування верхньої межі ціни ( $C_{в. м.}$ ) розробленого приладу мобільного кардіомоніторингу. Лишилось встановити договірну ціну.

Договірна ціна може бути встановлена за домовленістю між виробником і споживачем в інтервалі між нижньою та верхньою лімітними цінами:

$$C_{н. м.} < C_{догов.} < C_{в. м.},$$

де  $C_{догов.}$  – договірна ціна інноваційного рішення, грн.

З огляду на те, що потенційними замовниками запропонованого для виробництва пристрою мобільного кардіомоніторингу здебільшого є різноманітні медичні заклади та установи, встановимо, згідно наведеного вище виразу, таку договірну ціну ( $C_{догов.}$ ) на даний продукт:

$$(C_{н. м.} = 2646,65 \text{ (грн)}) < (C_{догов.} = 4000 \text{ (грн)}) < (C_{в. м.} = 10999 \text{ (грн)}).$$

Вважатимемо, що така ціна буде прийнятна для виробника та споживача.

#### **4.4 Оцінювання економічної ефективності інноваційного рішення**

Більшість усіх інноваційних проектів передбачає випуск нової продукції. Прийняття рішення щодо втілення проекту в життя приймається після ретельного вивчення усіх чинників, що впливатимуть на його реалізацію. Від цього залежать обсяги коштів, які потрібно вкласти у проект та які можна буде

отримати від реалізації нової продукції протягом її життєвого циклу. Здебільшого реалізація інноваційних проектів вимагає значних фінансових вкладень, які інвестори очікують повернути. Обґрунтування можливості повернення витрат є основою розрахунку економічної ефективності інноваційного проекту [126].

*Ефективність інноваційного проекту* – це економічна категорія, яка відображає відповідність проекту цілям й інтересам його учасників. Ось чому необхідно оцінювати ефективність проекту в цілому, а також ефективність участі в ньому кожного з його учасників. Ефективність інноваційного проекту в цілому оцінюється заради визначення потенційної привабливості проекту для можливих учасників і обґрунтування перспективних джерел фінансування [123].

*Ефективність інновацій* – підсумкова величина, яка визначається здатністю інновацій зберігати певний рівень трудових, матеріальних та фінансових ресурсів у розрахунку на одиницю створюваних продуктів, технічних систем, структур; збільшувати продуктивність праці робітників; вносити зміни в якісні характеристики товарів; покращувати соціальні показники розвитку країни [35].

Кінцевим результатом інноваційної діяльності є розробка і реалізація інноваційних програм і рішень, тому запровадження інновацій у будь-якій галузі потребує фінансових витрат для того, щоб увести нові виробничі потужності, опанувати нові технології, виробництво нових товарів, підвищити ефективність роботи організації і одержати додатковий прибуток, тобто необхідні інвестиції.

Інвестиційна діяльність здійснюється в умовах невизначеності, особливо, коли приймається рішення про впровадження нових технологій і розширення сфери діяльності підприємства на новій технічній базі, ринку тощо [127].

Інвестиційні рішення, як правило, приймаються за умов, коли існує кілька альтернативних інноваційних проектів, які розрізняються за видами і обсягом необхідних коштів, часом окупності та джерелами залучення коштів. Виходячи

з цього, прийняття рішення передбачає вибір одного з проектів на основі певних критеріїв, яких може бути кілька, а їх вибір може бути довільним. Тому виникає ризик, що пов'язаний з прийняттям того чи іншого інвестиційного рішення. Для зменшення цього ризику проводять оцінку ефективності інвестицій.

У сучасних умовах для оцінювання економічної ефективності реальних інвестицій, які вкладаються в певний інноваційний проект, можуть використовуватись (аналізуватись і визначатись) різні показники. До основних із них відносяться: чистий дисконтований дохід (чистий приведений дохід); період окупності інвестицій; індекс рентабельності (прибутковості, дохідності) [127 – 130].

Проаналізуємо економічну ефективність запропонованого нами для виробництва інноваційного рішення (пристрою мобільного кардіомоніторингу).

Під час оцінювання економічної ефективності інноваційного рішення головним завданням є визначення вартості майбутніх вигід, які можна одержати протягом терміну реалізації цього рішення. При цьому майбутня вартість вигід через процедуру дисконтування приводиться до їхньої дійсної вартості. Таким чином, здійснимо оцінювання ефективності реальних інвестицій за допомогою розрахунку значення показника чистого дисконтованого доходу (ЧДД).

- Розрахуємо повну собівартість одиниці продукції ( $S_n$ ) у такий спосіб:

$$S_n = S_e \cdot \left( 1 + \frac{15\%}{100\%} \right) = 1696,67 \cdot \left( 1 + \frac{15\%}{100\%} \right) = 1951,17 \text{ (грн)},$$

де  $S_e$  – планова виробнича собівартість для нашого інноваційного рішення, грн;

15 % – витрати на реалізацію і зберігання продукції (відносно рівня  $S_e$ ).

- Підрахуємо величину оподаткованого прибутку, тобто прибутку до оподаткування, (ОПР), який матиме виробник від реалізації продукції, створеної після запровадження результатів цього інноваційного проекту, отримаємо:

$$ОПР = \left( \frac{Ц_{дог.}}{1 + \alpha_{ПДВ}} - S_n \right) \cdot Q = \left( \frac{4000}{1 + 0,2} - 1951,17 \right) \cdot 750 = 1036622,13 \text{ (грн)},$$

де  $\alpha_{ПДВ}$  – ставка податку на додану вартість, %; ( $\alpha_{ПДВ} = 20 \% / 100 \% = 0,2$  од.);

$Ц_{дог.}$  – договірна ціна, встановлена між виробником та споживачем;

$Q$  – річний обсяг реалізованої продукції, шт./рік; у нашому випадку значення  $Q$  приймаємо рівним:  $Q = 750$  шт./рік.

• Обчислимо чистий прибуток (ЧП), який буде мати виробник від реалізації продукції, створеної після запровадження інноваційного рішення, маємо:

$$\begin{aligned} ЧП &= ОПР - \alpha_{приб.} \cdot ОПР = ОПР \cdot (1 - \alpha_{приб.}) = \\ &= 1036622,13 \cdot (1 - 0,18) = 850030,14 \text{ (грн)}, \end{aligned}$$

де  $\alpha_{приб.}$  – ставка податку на прибуток, %; у нас:  $\alpha_{приб.} = 18 \% / 100 \% = 0,18$  од.

• Підрахуємо щорічну величину грошового потоку ( $ГП_t$ ), що буде отримувати організація (виробник) внаслідок впровадження нею реальних інвестицій у розробку даного інноваційного проекту (значення цієї величини, у нашому випадку, є сталим протягом чотирьох років життєвого циклу), отримаємо:

$$ГП_t = ЧП + A_{обл.} = 850030,14 + 3959,05 = 853989,19 \text{ (грн)},$$

де  $A_{обл.}$  – амортизаційні відрахування при виконанні НДДКР (див. пункт 4.1).

• Розрахуємо чистий дисконтований дохід (ЧДД), тобто величину чистого приведенного доходу від реалізації інноваційного проекту, таким способом:

$$\begin{aligned}
\text{ЧДД} &= \sum_{t=1}^{T'} \frac{ГП_t}{(1+\alpha)^{t-1}} - K_{\text{заг.}} = \\
&= \left[ \frac{ГП_1}{(1+\alpha)^{1-1}} + \frac{ГП_2}{(1+\alpha)^{2-1}} + \frac{ГП_3}{(1+\alpha)^{3-1}} + \frac{ГП_4}{(1+\alpha)^{4-1}} \right] - K_{\text{заг.}} = \\
&= \left[ \frac{853989,19}{(1+0,21)^0} + \frac{853989,19}{(1+0,21)^1} + \frac{853989,19}{(1+0,21)^2} + \frac{853989,19}{(1+0,21)^3} \right] - 196143,63 = \\
&= 2625106,13 - 196143,63 = 2428962,50 \text{ (грн)},
\end{aligned}$$

де  $\alpha$  – норма дисконту, яка є прийнятою для інвестора як норма доходу на капітал та враховує депозитну ставку (ставку дохідності довгострокових державних облігацій), індекс інфляції, ставки за ризик, %; ( $\alpha = 21 \% / 100 \% = 0,21$  од.);

$t$  – поточний номер кроку розрахунку;

$T'$  – термін здійснення проекту (життєвий цикл), років ;  $T' = 4$  роки.

$K_{\text{заг.}}$  – разові капіталовкладення в розробку інноваційного рішення та підготовку її до виробництва, грн; у нас:  $K_{\text{заг.}} = B_{\text{НДДКР}} = 196143,63$  грн.

Оскільки в нашому випадку, як бачимо з вищенаведеної формули, величина  $\text{ЧДД} > 0$ , то даний запропонований нами інноваційний проект доцільно прийняти. Чим більшою є величина  $\text{ЧДД}$ , тим проект вважається більш економічно ефективним. При необхідності порівняння декількох варіантів інноваційних рішень, кращим буде саме той варіант, де величина  $\text{ЧДД}$  буде більшою.

Часто для оцінювання ефективності інноваційних рішень застосовують критерій, що характеризує час, необхідний для того, щоб сума грошових потоків від впровадження певного рішення дорівнювала сумі початкових витрат. З огляду на це, оцінимо ефективність реальних інвестицій, які вкладуються в інноваційний проект, шляхом розрахунку періоду їх окупності ( $\text{ПОК}$ ) (можна розрахувати на основі грошових потоків або до сплати податків, або після цього):



$$\begin{aligned}
 \text{ПОК} &= \frac{K_{\text{заг.}} \cdot T'}{\sum_{i=1}^{T'} \frac{\text{ОПР}}{(1+\alpha)^{i-1}}} = \\
 &= \frac{196143,63 \cdot 4}{\left[ \frac{1036622,13}{(1+0,21)^{1-1}} + \frac{1036622,13}{(1+0,21)^{2-1}} + \frac{1036622,13}{(1+0,21)^{3-1}} + \frac{1036622,13}{(1+0,21)^{4-1}} \right]} = \\
 &= \frac{196143,63 \cdot 4}{[1036622,13 + 856712,5 + 708026,86 + 585146,17]} = 0,25 \text{ (року)}.
 \end{aligned}$$

Обрахований вище показник роботи інвестицій застосовують інвестори, які хочуть знати, коли відбудеться повне повернення вкладеного ними капіталу. Отже, наш проект повністю окупить капіталовкладення через **0,25** року. При необхідності розглядання декількох проектів, роблять вибір кращого варіанта інвестиційного проекту, а це буде той варіант вкладення реальних інвестицій, де значення показника *ПОК* буде найменшим (інвестиції повернуться раніше).

Оцінимо ефективність реальних інвестицій, які вкладаються в здійснення інноваційного проекту, шляхом розрахунку індексу рентабельності (*IP*), який розраховується як відношення теперішньої вартості прибутку за період реалізації інноваційного проекту до обсягів інвестицій залучених у даний проект:

$$\begin{aligned}
 IP &= \frac{\sum_{t=1}^{T'} \frac{ГП_t}{(1+\alpha)^{t-1}}}{K_{заг.}} = \\
 &= \frac{\left[ \frac{ГП_1}{(1+\alpha)^{1-1}} + \frac{ГП_2}{(1+\alpha)^{2-1}} + \frac{ГП_3}{(1+\alpha)^{3-1}} + \frac{ГП_4}{(1+\alpha)^{4-1}} \right]}{K_{заг.}} = \\
 &= \frac{\left[ \frac{853989,19}{(1+0,21)^0} + \frac{853989,19}{(1+0,21)^1} + \frac{853989,19}{(1+0,21)^2} + \frac{853989,19}{(1+0,21)^3} \right]}{196143,63} = \\
 &= \frac{[853989,19 + 705776,19 + 583286,11 + 482054,64]}{196143,63} = 13,38.
 \end{aligned}$$

Як бачимо, показник індексу рентабельності (прибутковості або дохідності), у нашому випадку, більший одиниці ( $IP > 1$ ), тому чиста теперішня вартість інноваційного проекту є позитивною. Це свідчить про доцільність прийняття даного проекту для практичної реалізації. Чим більше значення становить індекс дохідності, тим вищою є економічна ефективність конкретного інноваційного проекту. При необхідності розглядання декількох варіантів інноваційних проектів, обирають з них кращий варіант. Найкращим буде саме той варіант реальних інвестицій, де величина показника  $IP$  буде найбільшою. Даний відносний показник є дуже зручним при виборі одного проекту з кількох альтернативних, які мають приблизно однакові значення ЧДД [131].

#### 4.5 Висновки щодо виконання четвертого розділу

Під час виконання четвертого розділу даної магістерської кваліфікаційної роботи ми проводили економічні розрахунки для доведення доцільності та ефективності запровадження отриманих результатів виконаних наукових та науково-технічних робіт у виробництво, тобто здійснювали так звану комерціалізацію наукової розробки (пристрою мобільного кардіомоніторингу). Успішному досягненню цієї мети сприяло чітке та неухильне зосередження на

вирішенні поставлених нам завдань, які розв'язувались послідовно за окремими пунктами.

Спочатку нами було проведено розрахунок кошторису витрат на проведення НДДКР із дослідження та розробки пристрою мобільного кардіомоніторингу. Далі ми здійснили калькуляцію виробничої та повної собівартості кардіомонітора та розрахували ціну його можливої реалізації, провели оцінювання економічної ефективності інноваційного рішення, під час якого, головним завданням було визначення вартості майбутніх вигід, які можна одержати протягом терміну реалізації цього рішення. Економічну ефективність нашої розробки ми здійснили шляхом встановлення значень наступних показників: чистого дисконтованого доходу, за яким виявили, що запропонований нами інноваційний проект доцільно прийняти; періоду окупності інвестицій, який є набагато меншим ніж те його значення, яке встановлене у технічному завданні, що говорить про можливість проекту в короткий термін почати приносити прибутки виробнику; індексу рентабельності, величина якого свідчить про те, що чиста теперішня вартість інноваційного проекту є позитивною. Отже, ми остаточно переконались у тому, що прийняття розробленого нами пристрою мобільного кардіомоніторингу для практичної реалізації є доцільним та економічно вигідним інвестиційним проектом для можливого потенційного інвестора.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Право на здоров'я та безпечні умови праці – невід'ємне право кожної людини в будь-якій країні світу. За статистикою Міжнародної організації праці, щорічно в світі реєструється близько 15 мільйонів виробничих травм, а за кожні три хвилини внаслідок виробничого травматизму гине один працюючий. Тому на сьогодні існує нагальна необхідність у перебудові роботи промисловості, у вдосконаленні підготовки фахівців у напрямі покращення знань із охорони праці та усвідомленні потреби виконання вимог безпеки праці, що сприятиме зниженню рівня виробничого травматизму та професійних захворювань [132].

У Законі України «Про охорону праці» зазначено, що охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі праці [133, 134].

Основи охорони праці – надзвичайно важлива нормативна дисципліна, яка вивчається з метою формування у майбутніх фахівців із вищою освітою необхідного в їхній подальшій професійній діяльності рівня знань та умінь із правових та організаційних питань охорони праці, основ фізіології, гігієни праці, виробничої санітарії, безпеки процесів праці та пожежної безпеки, визначеного відповідними державними стандартами освіти, а також активної позиції щодо питання практичної реалізації принципу пріоритетності охорони життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів трудової діяльності людини.

Курс «Цивільний захист та охорона праці» як комплексна дисципліна базується на теоретичних положеннях природничих (фізика, хімія, математика, медицина) та суспільних (економіка, соціологія, психологія, правознавство) наук. Важливе місце в його структурі займають зв'язки з безпекою життєдіяльності, ергономікою, фізіологією і психологією праці, технічною естетикою [135].

Важливою складовою остаточної підготовки майбутніх кваліфікованих

спеціалістів другого рівня вищої освіти є виконання даного розділу магістерської кваліфікаційної роботи, у процесі чого фіксуються, поглиблюються та узагальнюються спеціальні знання, одержані під час навчання. Застосовуючи ці навички стосовно вирішення конкретного поставленого завдання, студент має змогу набути реального практичного досвіду щодо самостійного розв'язання складних інженерних задач, використання новітніх досягнень науки і техніки.

Незадовільний стан охорони праці та цивільного захисту може стати причиною соціально-економічних проблем працюючих і членів їх сімей. Тому соціально-економічна важливість охорони праці полягає у наступному: підвищенні продуктивності праці, зростанні валового внутрішнього продукту, зменшенні витрат на оплату лікарняних та виплат компенсацій за важкі умови праці.

У цьому розділі проводиться аналіз шкідливих, небезпечних [136] та уражаючих для працівника і навколишнього середовища факторів, які виникають при проведенні дослідження конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу. Тут розглядаються, зокрема, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення загальної жорсткості віброізоляторів, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під час проведення дослідницької роботи, безпека в надзвичайних ситуаціях.

## **5.1 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії**

### **5.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони**

Мікроклімат характеризують параметри: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання. Якщо з технічних чи економічних міркувань оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини параметрів мікроклімату.

Для приміщення, що призначається для проведення дослідження

конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, обираємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – *легка I, б*. За такої умови робота виконується сидячи, стоячи чи пов'язана з ходьбою, але не вимагає систематичної фізичної напруги чи підняття або переносу тягаря.

Відповідно до санітарних норм мікроклімату приміщень [137] допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні для холодного та теплого періодів року наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Допустимі показники мікроклімату в приміщенні

<i>Період року</i>	<i>Категорія робіт</i>	<i>Температура повітря, °C для робочих місць</i>		<i>Відносна вологість повітря, %</i>	<i>Швидкість руху повітря, м/с</i>
		<i>постійних</i>	<i>непостійних</i>		
1. Холодний	I, б	20 – 24	17 – 25	75	≤ 0,2
2. Теплий		21 – 28	19 – 30	60 при 27 °C	0,1 – 0,3

Для опромінення менше 25 % поверхні тіла працівника, допустима інтенсивність теплового опромінення складає  $100 \text{ Вт/м}^2$ .

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК) у повітрі робочої зони та підпадає під систематичний контроль з метою запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких для роботи з ЕОМ наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин [138]

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

При роботі з ЕОМ джерелом зараження повітря є також іонізація молекул речовин, що знаходяться в оточуючому повітрі. Рівні позитивних та негативних

іонів мають відповідати нормам [139] та зведені до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Число іонів у 1 см<sup>3</sup> повітря приміщення при роботі на ЕОМ

<i>Рівні</i>	<i>Мінімально необхідні</i>	<i>Оптимальні</i>	<i>Максимально допустимі</i>
Позитивний	400	1500 – 3000	50000
Негативний	600	3000 – 5000	50000

Для забезпечення нормованих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони у приміщенні повинні бути розміщені: система опалення для холодного і засоби кондиціювання для теплого періодів року; припливно-витяжна система вентиляції, яка видалятиме забруднене та/або нагріте повітря з відповідного приміщення, а при несприятливих погодних умовах – кондиціювання.

### 5.1.2 Виробниче освітлення

З метою створення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях значні вимоги висуваються щодо якісних та кількісних показників освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, де проводиться робота з дослідження конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, згідно [140] знаходимо, що вони відносяться до IV розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – *середній* та характеристику фону – *середню*, яким відповідає підрозряд зорових робіт – *в*.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості для штучного освітлення приведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення та мінімальні освітленості для штучного освітлення

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

Оскільки приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом  $254^\circ$  (3-ПДЗ), то для таких умов нормоване значення КПО розраховуємо за наступною формулою [140]:

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

де  $e_n$  – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату (0,85);

$N$  – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом (2).

Підставивши відомі числові значення у формулу (5.1), отримаємо нормовані значення КПО відповідно для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N.бок.} = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%),$$

$$e_{N.сум.} = 0,9 \cdot 0,85 = 0,77 (\%).$$

Для забезпечення нормативних значень параметрів освітлення запропонуємо такі заходи: за недостатнього природного освітлення у світлий час доби можна доповнювати його штучним, шляхом використання світлодіодних або електролюмінесцентних ламп з утворенням ними системи



суміщеного освітлення; у темний час доби необхідно використовувати загальне штучне освітлення.

### 5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що під час експлуатації дослідницьких пристроїв окрім усього іншого обладнання використовується устаткування, робота якого спричиняє шум та вібрацію, потрібно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Визначено, що приміщення, де проводиться робота з дослідження конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, може містити робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється рухомими елементами ЕОМ, а саме: вентиляторами систем охолодження блоку живлення, відеоадаптера, жорсткого диску, центрального процесора, північного та південного мостів, чипсета тощо. Але основними джерелами вібрації в приміщенні виступають засоби вентиляції.

З метою попередження травмування працюючих під дією шуму він підлягає нормуванню. Головним нормативним документом з питань промислового шуму, діючим в Україні, є [141], згідно з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях у виробничих приміщеннях не повинні перевищувати значень, що приведені в таблиці 5.5. Норми ж для виробничих вібрацій наведені в таблиці 5.6 для локальної вібрації [142].

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні шуму та еквівалентні рівні звуку

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

Таблиця 5.6 – Нормовані рівні локальної вібрації

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

Нам необхідно визначити загальну жорсткість віброізоляторів за такої умови, що частота обертання двигуна вентиляційної установки  $n = 3000$  об./хв.

Для здійснення необхідного розрахунку віброізоляції спочатку потрібно визначити основну розрахункову частоту змушуючої сили, яка в даному нам приміщенні для дослідження пристроїв створюється приводом двигуна вентиляційного обладнання, яке розташовується на важкому залізобетонному міжповерховому перекритті. Ця частота розраховується за наступною формулою 5.2:

$$f = \frac{n}{60} \text{ [Гц]}, \quad (5.2)$$

де  $n = 3000$  об./хв – швидкість обертання обертових частин двигуна установки.

Підставивши відоме нам значення  $n$  у формулу (5.2), отримаємо:

$$f = \frac{3000}{60} = 50 \text{ (Гц)}.$$

Далі, враховуючи потрібну ефективність віброізоляції  $\Delta L_H$  і розрахункову швидкість обертання установки, необхідно визначити гранично допустиму частоту власних вертикальних коливань  $f_{0. доп.}$  віброізольованої установки, Гц.

За довідковими даними [143] обираємо потрібну ефективність віброізоляції  $\Delta L_H = 30$  дБ, тоді для  $n = 3000$  об./хв маємо:  $f_{0. доп.} = 8,7$  Гц.

Після цього ми зможемо розрахувати необхідну масу  $M_H$  віброізольованої установки за наступною формулою (5.3):

$$M_H \geq \frac{2,5 \cdot \varepsilon \cdot m_{об.дет.}}{a_{дон.}} \text{ [кг]}, \quad (5.3)$$

де  $\varepsilon = 0,128 \text{ мм}$  – ексцентриситет деталей двигуна, що обертаються;

$m_{об.дет.} = 0,15 \text{ кг}$  – маса деталей двигуна, що обертаються зі швидкістю  $n$  (у нашому випадку обертовою частиною є крильчатка вентиляційного засобу);

$a_{дон.} = 0,04 \text{ мм}$  – максимально допустима амплітуда зміщення центру ваги вентиляційної установки (при  $n = 3000 \text{ об/хв}$ ), яка наближено береться за відповідними довідковими таблицями [144].

Підставивши відомі нам значення величин у вираз (5.3) та прирівнявши його, отримаємо таке значення маси:

$$M_H = \frac{2,5 \cdot 0,128 \cdot 0,15}{0,04} = 1,2 \text{ (кг)}.$$

Тепер знайдемо необхідну сумарну жорсткість віброізоляторів у вертикальному напрямку  $K_{ZH}$  за наступною формулою (5.4):

$$K_{ZH} = 4 \cdot \pi^2 \cdot f_{0.дон.}^2 \cdot M_H \text{ [Н/м]}, \quad (5.4)$$

де  $f_{0.дон.} = 8,7 \text{ Гц}$  – допустима частота власних коливань, що визначена за [143].

Підставивши значення відомих нам величин у формулу (5.4), матимемо загальну жорсткість віброізоляторів:

$$K_{ZH} = 4 \cdot \pi^2 \cdot 8,7^2 \cdot 1,2 = 3585,745714 \text{ (Н/м)}.$$

Ефективність віброізоляції визначимо за наступною формулою (5.5):

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \left( \frac{f^2}{f_{0.дон.}^2} - 1 \right) \text{ [дБ]}. \quad (5.5)$$

Отже, виходячи з (5.5) ефективність віброізоляції становитиме значення:

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \left( \frac{50^2}{8,7^2} - 1 \right) = 30,111 \text{ (дБ)}.$$

З метою поліпшення віброакустичного клімату в приміщенні запропонуємо наступні заходи: періодичне змащування підшипників вентиляційних установок, вентиляторів блоку живлення комп'ютера, кулерів центрального процесора й відеоадаптера; доцільним буде оздоблення стін спеціальними перфорованими плитами, панелями з метою ефективнішого поглинання шуму; передбачено також використовувати в приміщенні завіски із щільної тканини.

#### **5.1.4 Виробничі випромінювання**

Величина напруженості електромагнітного поля на робочих місцях з персональними комп'ютерами не повинна перевищувати гранично допустимі, які складають значення –  $20 \text{ кВ/м}$ .

Експозиційна доза рентгенівського випромінювання на відстані  $5 \text{ см}$  від екрана до корпусу монітора при будь-яких положеннях регульовальних пристроїв не повинні перевищувати рівень  $7,74 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/кг}$ , який відповідає потужності еквівалентної дози  $0,1 \text{ мБер/год}$  ( $100 \text{ мкР/год}$ ) згідно з нормами [145].

Для забезпечення захисту та досягнення відповідних нормативним документам рівнів випромінювань необхідно застосовувати приєкранні фільтри, локальні світлофільтри (засоби індивідуального захисту очей) та інші засоби захисту, які пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат. З такою ж метою можна здійснювати скорочення часу опромінення організму людини за рахунок перерв на відпочинок.

## **5.2 Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки**

Сучасний етап розвитку техніки, автоматизації розробок та досліджень характеризується широким застосуванням електронно-обчислювальних машин, зокрема персональних комп'ютерів (ПК), на робочих місцях. Велика кількість прикладних програм перетворює ПК на основне знаряддя праці конструктора.

### 5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Розташування робочих місць, оснащених ПК, здійснюється в приміщеннях з одnobічним розміщенням вікон, які обов'язково повинні бути обладнані сонцезахисними пристроями: шторами, жалюзями тощо [146, 147].

При розміщенні робочих місць у приміщеннях з можливими джерелами небезпечних та шкідливих виробничих факторів, вони зобов'язані розташовуватися в повністю ізольованих кабінетах з природним освітленням та організованим повітрообміном. Площа одного робочого місця повинна становити не менше  $6,0 \text{ м}^2$ , об'єм – не менше ніж  $20 \text{ м}^3$ , а висота – не менше  $3,2 \text{ м}$  [148].

Поверхня екрана повинна знаходитись на відстані  $400 - 700 \text{ мм}$  від очей працюючого. Висота робочої поверхні столу при виконанні роботи сидячи має налаштовуватись у межах  $680 - 800 \text{ мм}$ . Робочий стіл повинен володіти простором для ніг висотою не менше  $600 \text{ мм}$ , шириною не менше як  $500 \text{ мм}$ , глибиною на рівні колін не менше  $450 \text{ мм}$  і на рівні витягнутої ноги не менше  $0,65 \text{ м}$ .

Поверхня підлоги повинна бути гладкою, не слизькою, без вибоїн, зручною для вологого прибирання, володіти антистатичними властивостями. Забороняється застосовувати для оздоблення інтер'єру полімери, які забруднюють повітря робочого приміщення шкідливими хімічними речовинами і сполуками.

### 5.2.2 Електробезпека

У середині приміщення, де проводиться робота з дослідження конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, особливу увагу слід приділити уникненню загрози ураження електричним струмом. Згідно [149] це приміщення належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність у ньому значного (понад 75 %) рівня вологості. Тому безпека використання електрообладнання повинна гарантуватись цілим комплексом заходів, які включають використання ізоляції струмопровідних елементів, захисних блокувань, захисного заземлення тощо [150].

### 5.2.3 Пожежна безпека

Згідно зі стандартом [151], приміщення, в якому проводиться дослідження конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, відноситься до категорії з пожежонебезпеки «В», тобто – «пожежонебезпечна». У таких приміщеннях знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини і матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше  $10 \text{ м}^2$  кожна перевищує  $180 \text{ МДж/м}^2$ .

Будівля, де проводиться дослідження конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, характеризується ступенем вогнестійкості «III» – це Будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або

негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висовуються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку [152].

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 5.7 [153], а протипожежні норми проектування будівель та споруд наведені в таблиці 5.8 [154, 155].

Таблиця 5.7 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення

Ступінь вогнестійкості будівлі	Мінімальні значення класів вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні значення груп поширення вогню по них								
	Стіни				Колони	Сходові площадки, косоури, сходи	Перекриття міжповерхові	Елементи суміщених покриттів	
	Несучі та сходових кліток	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, настипи, прогони	Балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Примітка.  $R$  – втрати несучої здатності;  $E$  – втрати цілісності;  $I$  – втрати теплоізолювальної спроможності;  $M$  – межа поширення вогню (показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь). За межею поширення вогню будівельні конструкції поділяють на три групи:  $M0$  (межа поширення вогню дорівнює  $0$  см);  $M1$  ( $M \leq 25$  см – для горизонтальних будівельних конструкцій;  $M \leq 40$  см – для вертикальних та похилих будівельних конструкцій);  $M2$  ( $M > 25$  см – для горизонтальних конструкцій;  $M > 40$  см – для вертикальних та похилих конструкцій) [156].

Таблиця 5.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд

Об'єм приміщення, тис. м <sup>3</sup>	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м <sup>2</sup>			Кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху в межах пожежного відсіку, м <sup>2</sup> , для числа поверхів будівель		
			до 1	2-3	4-5		I, II	III	IV, V		1	2	3 та більше
до 15	B	3	100	60	40	110	9	12	15	3	5200	3500	2600

Обираємо, що приміщення, де проводиться дослідження, повинно бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом та ємністю з піском [157].

### 5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Проведемо дослідження стійкості роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу в умовах дії на нього загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

У елементній базі РЕА під дією іонізуючих випромінювань можлива зміна майже всіх електричних і експлуатаційних характеристик, що залежить від протікання процесів іонізації та порушення структури матеріалів. Основні електричні параметри, що визначають радіаційну стійкість, наведені в таблиці 5.9.

Практика експлуатації РЕА медичного призначення в умовах радіоактивних випромінювань дозволяє зробити наступні висновки:

- РЕА втрачає свою працездатність при визначених критичних рівнях радіації практично миттєво.
- У елементах схем можуть початися відновлювані (невідновлювані) зміни при рівнях радіації значно нижчих від критичних.



Під час дії електромагнітного імпульсу (ЕМІ) у тілах, що проводять електричний струм, на частку секунди (час дії ЕМІ) може виникати високий імпульс електричного струму та з'являтися чимала різниця потенціалів відносно землі. Під дією цих напруг може відбутись пошкодження РЕА, ліній зв'язку, систем обчислювальних машин і автоматичних систем управління, радіостанцій тощо.

Таблиця 5.9 – Основні електричні параметри, що визначають радіаційну стійкість медичного радіоелектронного пристрою

<i>Види та класи радіоелементів</i>	<i>Найбільш критичні параметри при дії радіації на радіоелементи</i>	
	<i>Відновлюваних змін</i>	<i>Невідновлювальних змін</i>
Транзистори (у т. ч. і в складі мікросхем)	Струм через зворотньозміщений <i>p-n</i> перехід	Коефіцієнт підсилення, зворотній колекторний струм
Напівпровідникові діоди, світлодіоди	Струм насичення, пряме падіння напруги	Зворотна гілка вольт-амперної характеристики
Резистори	Опір	Опір
Конденсатори	Ємність	Ємність

Імпульсна напруга найбільш легко виникає у неекраниваних та несиметричних колах з великим опором. Унаслідок наявності таких кіл, імпульс струму чи напруги проникає в систему та спричиняє пошкодження, ступінь яких залежить від чутливості складових вузлів системи РЕА. Серйозні пошкодження спричиняє електромагнітний імпульс цифровим та вимірювальним приладам.

Електромагнітний імпульс може поширюватися на десятки та сотні кілометрів у навколишньому середовищі шляхом різних комунікацій (мережами електричного та водопостачання, провідникового зв'язку, Інтернет тощо), здійснюючи вплив на визначені об'єкти там, де ударна хвиля, світлове випромінювання та проникаюча радіація втрачають своє значення як уражаючі чинники.

Електромагнітний імпульс являє собою велику небезпеку для апаратури, яка добре захищена 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 з'єднаннях між контактами, що призводить до локального нагріву та порушує опір покриття. В конденсаторах електромагнітний імпульс викликає нагрів шару металізації та його вигорання, порушення контактів між обкладинками й виводами.

### **5.3.1 Дослідження стійкості роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу в умовах дії іонізуючих випромінювань**

Початковими даними є наступні величини:

1. Рівень радіації через *1 годину* після аварії  $P_{1\ max} = 4,52\ P/год.$
2. Максимальне значення часу протягом якого повинна працювати апаратура, тобто час напрацювання на відмову  $t_{p.\ max} = 4500\ год.$
3. Коефіцієнт послаблення радіації  $K_{\ посл.} = 1.$
4. Час початку опромінення  $t_{n.\ o.} = 1\ год.$

За критерій стійкості роботи приймаємо максимальне значення експозиційної дози випромінювання, за якого пристрій мобільного кардіомоніторингу буде працювати з потрібною якістю протягом часу напрацювання на відмову.

Дослідження стійкості роботи проведемо в наступній послідовності:

- Аналізуємо схему електричну принципову (наведена у додатку В) та визначаємо ті її елементи, від яких залежить функціонування всього пристрою.
- За допомогою таблиць із довідкової літератури [158], визначаємо

граничні значення експозиційних доз ( $D_{зв. i}$ ), за яких в елементах можуть виникати зворотні зміни, але вони ще будуть працювати. Дані заносимо до таблиці 5.10.

- За мінімальним значенням доз  $D_{зв. i}$  ( $D_{зв. min}$ ) визначимо границю стійкості роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу в цілому ( $D_{гран.}$ ). Знайдену величину  $D_{зв. min}$  також занесемо до наведеної нижче таблиці 5.10.

Маємо наступне граничне значення експозиційної дози випромінювання:

$$D_{гран.} = K_{посл.} \cdot D_{зв. min} = 1 \cdot 10^4 = 10^4 (P).$$

Таблиця 5.10 – Максимально допустима експозиційна доза елементів КМ

<b>Складові елементи РЕА</b>	<b><math>D_{зв. i}, P</math></b>	<b><math>D_{зв. min}, P</math></b>
1. Резонатор кварцовий	$10^{10}$	$10^4$
2. Конденсатори	$10^7$	
3. Мікросхеми	$10^5$	
4. Акумулятор	–	
5. Дисплей	$5 \times 10^5$	
6. Зумер	$10^{20}$	
7. Світлодіоди	$10^4$	
8. Дросель	$10^7$	
9. Перемикач кнопковий	$10^5$	
10. Резистори	$10^7$	
11. Кнопки тактові	$10^5$	
12. Діоди Шотткі	$10^4$	
13. Вилки однорядні	$10^{10}$	
14. Гнізда	$10^8$	

- Знайдемо можливу дозу опромінення елементної бази в наших умовах:

$$D_{мож.} = \frac{2 \cdot P_{1max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{посл.}} = \frac{2 \cdot 4,52 \cdot (\sqrt{4500} - \sqrt{1})}{1} = 597,382 (P).$$

Отже, при вхідних початкових значеннях максимального рівня радіації через одну годину  $P_{1max} = 4,52 \text{ P/год}$ , максимального часу протягом якого повинна працювати апаратура  $t_{p. max} = 4500 \text{ год}$ , коефіцієнта послаблення радіації  $K_{носл.} = 1$ , часу початку опромінення  $t_{н. о.} = 1 \text{ год}$  було знайдено граничну експозиційну дозу випромінювання для елементної бази розробленого пристрою. Оскільки за наших умов рівень  $D_{гран.} > D_{мож.}$ , то пристрій мобільного кардіомоніторингу буде працювати стійко протягом потрібного згідно із завданням часу.

### 5.3.2 Дослідження стійкості роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи систем РЕА або окремих їх елементів в умовах дії електромагнітних випромінювань приймаємо коефіцієнт безпеки ( $K_B$ ):

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_{Доп.}}{U_{B.(Г.)}} \geq 40 \text{ (дБ)}, \quad (5.6)$$

де  $U_{Доп.}$  – допустимі коливання напруги живлення ( $U_{жив.}$ ), В;

$U_{B.(Г.)}$  – наведена напруга за рахунок електромагнітних випромінювань у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах пристрою, В.

У зв'язку з тим, що окремі елементи систем РЕА можуть мати різні значення коефіцієнтів безпеки, то стійкість роботи системи в цілому визначається мінімальним значенням коефіцієнта безпеки.

Оцінку стійкості роботи систем проведемо в умовах дії електричного поля, яке є складовою частиною електромагнітного поля.

Початковими даними для розрахунку є наступні величини:

- вертикальна складова напруженості електричного поля  $E_B = 10,75 \text{ кВ/м}$ ;
- напруга живлення пристрою  $U_{жив.} = 5 \text{ В}$ ;
- допустиме збільшення напруги живлення  $N = 15 \%$ .

Оцінювання стійкості роботи системи РЕА проведемо наступним чином:

- Визначимо горизонтальну складову напруженості електричного поля:

$$E_{Г.} = 10^{-3} \cdot E_{В.} = 10^{-3} \cdot 10,75 = 10,75 \text{ (В/м)}.$$

- Знайдемо величину допустимих коливань напруги живлення ( $U_{Доп.}$ ):

$$U_{Доп.} = U_{жив.} + \frac{U_{жив.}}{100\%} \cdot N = 5 + \frac{5}{100\%} \cdot 15\% = 5,75 \text{ (В)}.$$

• Далі методика оцінювання стійкості роботи РЕА, наведена у джерелі [158], передбачає розподілення цілісної системи на окремі функціональні ділянки (блоки). Враховуючи те, що всі складові пристрою мобільного кардіомоніторингу тісно взаємопов'язані між собою та розташовані на одній друкованій платі, то подальший розрахунок будемо здійснювати як для єдиного блоку РЕА.

- Визначимо максимальну довжину струмопровідної частини відповідно у вертикальній ( $l_{верт.}$ ) та горизонтальній ( $l_{гор.}$ ) площинах друкованої плати:

$$l_{верт.} = 0,07 \text{ (м)}; \quad l_{гор.} = 0,10 \text{ (м)}.$$

- Розрахуємо напруги наводок у струмопровідних частинах відповідно для вертикальної ( $U_{В.}$ ) та горизонтальної ( $U_{Г.}$ ) площин ДП нашого пристрою:

$$U_{В.} = E_{Г.} \cdot l_{верт.} = 10,75 \cdot 0,07 = 0,753 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.} = E_{В.} \cdot l_{гор.} = 10,75 \cdot 0,10 = 1,075 \text{ (кВ)}.$$

- Обчислимо коефіцієнти безпеки відповідно для вертикальної ( $K_{Б. верт.}$ ) та горизонтальної ( $K_{Б. гор.}$ ) площин друкованої плати нашого кардіомонітора:

$$K_{Б. верт.} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Доп.}}{U_{В.}} = 20 \cdot \lg \frac{5,75}{0,753} = 17,657 \text{ (дБ)},$$

$$K_{Б.гор.} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Доп.}}{U_{Г.}} = 20 \cdot \lg \frac{5,75}{1075} = -45,435 \text{ (дБ)}.$$

• Тепер для значень  $K_{Б.верт.}$  та  $K_{Б.гор.}$  визначимо границі стійкості роботи апаратури в заданих умовах, тобто встановимо  $K_{Б.верт.гр.}$  та  $K_{Б.гор.гр.}$ , маємо:

$$K_{Б.верт.гр.} = 17,657 \text{ дБ} < 40 \text{ дБ}; \quad K_{Б.гор.гр.} = -45,435 \text{ дБ} < 40 \text{ дБ}.$$

Оскільки  $K_{Б.верт.гр.} = 17,657 \text{ дБ} < 40 \text{ дБ}$ , а  $K_{Б.гор.гр.} = -45,435 \text{ дБ} < 40 \text{ дБ}$ , то з отриманих результатів можна зробити висновок, що умова 5.6 не виконується, а пристрій мобільного кардіомоніторингу буде працювати нестійко в умовах електромагнітних випромінювань. У цьому випадку доцільно розробити заходи щодо можливостей підвищення стійкості розробленого медичного пристрою.

### 5.3.3 Розробка заходів щодо підвищення стійкості роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу в умовах дії на нього загрозливих чинників надзвичайної ситуації

Найбільш ефективним способом підвищення стійкості роботи системи РЕА в умовах дії на неї загрозливих чинників надзвичайної ситуації є екранування цілої системи або її елементів [158]. Для цього проведемо розрахунок захисного екрану, що буде виконуватись мідним шаром. Проведемо наступні дії:

- Визначимо перехідне затухання енергії електричного поля ( $A$ , дБ):

$$A = K_{Б.ном.} - K_{Б.мін.} = 40 - (-45,435) = 85,435 \text{ (дБ)},$$

де  $K_{Б.ном.}$  – номінальний коефіцієнт безпеки ( $K_{Б.ном.} = 40 \text{ дБ}$ );

$K_{Б.мін.}$  – мінімальний розрахунковий коефіцієнт безпеки ( $K_{Б.мін.} = K_{Б.гор.гр.}$ ).

- Товщину захисного екрану ( $t_{екр.}$ ) знаходимо наступним чином:

$$t_{екр.} = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} = \frac{85,435}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,134 \text{ (см)},$$

де  $f$  – найбільш характерна частота ( $f = 15 \text{ кГц}$ ).

Підвищення стійкості роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу можна досягти шляхом посилення найбільш слабких елементів і ділянок системи, а також завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на мінімізацію дії уражаючих факторів й створення умов для відновлення звичної працездатності пристрою.

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

Отже, на даному етапі нами було досліджено стійкість роботи пристрою мобільного кардіомоніторингу в умовах дії на нього загрозливих чинників надзвичайної ситуації (НС). Нами було виявлено, що досліджуваний пристрій є стійким у роботі до впливу іонізуючих випромінювань. Виходячи з результатів дослідження впливу електромагнітного імпульсу на стійкість роботи пристрою можна сказати, що він виявився нестійким в роботі. Застосування мідного екрана значно підвищує стійкість приладу в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Додатковий захист радіоелектронних систем та даного пристрою від дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій може бути забезпечений шляхом втілення таких заходів: використання в конструкції пристрою елементів, що є нечутливими до дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу; використання в умовах впливу загрозливих чинників обладнання призначеного для складних умов роботи; виготовлення деталей корпусу з екрануючих

матеріалів або з металізованими покриттями; використання герметичних конструкцій блоків; створення конструкцій із взаємозамінними складовими; використання паралельних підсистем в блоках; використання пристроїв чи підсистем автоматичного відключення чи відсікання складових блоків у випадку надзвичайних подій; обмеження тривалості експлуатації обладнання в місцях постійного впливу загрозливих чинників; використання систем автономного електрозабезпечення та стабілізаторів напруги; максимально можливе зменшення довжини струмопровідних частин обладнання та бездротового зв'язку в разі потреби.

#### **5.4 Висновки щодо виконання п'ятого розділу**

Під час виконання п'ятого розділу даної магістерської кваліфікаційної роботи ми опрацювали такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення загальної жорсткості віброізоляторів, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під час проведення дослідження конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, безпека в надзвичайних ситуаціях, де оцінили стійкість роботи пристрою в умовах впливу чинників надзвичайних ситуацій [159].



## ВИСНОВКИ

Під час виконання даної магістерської кваліфікаційної роботи нами було проведено дослідження та здійснено розробку конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу для застосування в медицині, що володіє здатністю тривалого відтворення електрокардіограми в режимі реального часу та може відображувати частоту серцевих скорочень, в результаті чого, були закріплені практичні навички моделювання, конструювання та розрахунку параметрів й складових частин біомедичної апаратури, а також в програмуванні апаратних засобів мікроконтролерної частини. Поставлені завдання ми вирішували поетапно.

Під час виконання першого розділу даної магістерської кваліфікаційної роботи ми здійснювали аналітичний огляд питання щодо розробки конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, а саме: розглянули загальні принципи моніторингу стану людини та встановили, що системи клінічного моніторингу здійснюють не тільки багатопараметричний контроль стану пацієнта, але й допомагають з діагностикою, вибором доцільної тактики лікування і виконанням невідкладної інтенсивної терапії; надали загальні відомості про електрокардіомонітори та навели основні особливості побудови та застосування цих пристроїв; описали основні медичні та експлуатаційні вимоги до кардіомоніторів, які визначають характеристики та можливості КМ; розглянули параметри електрокардіосигналу для проведення кардіомоніторингу та визначили ключові елементи досліджуваних сигналів; навели загальну класифікацію кардіомоніторів, що дало змогу зрозуміти конструкційні особливості останніх залежно від сфери застосування; здійснили обґрунтування та вибір аналога для наступного його порівняння з нашим пристроєм; виконали оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДДКР; оцінили комерційний потенціал розробки та рівень її новизни; оцінили рівень якості та конкурентоспроможність нашого приладу.

Під час виконання другого розділу даної магістерської кваліфікаційної

роботи ми розглянули загальну будову серцево-судинної системи людини, електрофізіологічні основи формування електрокардіограми, описали методіку реєстрації електрокардіограми, окреслили принципи формування елементів нормальної ЕКГ та характеристику нормальних зубців шлуночкового комплексу.

Під час виконання третього розділу даної магістерської кваліфікаційної роботи ми вирішували конструкторсько-технологічні завдання щодо розробки конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, а саме: розробили структурну схему цього приладу та описали основні принципи його функціонування; провели загальний огляд принципу роботи пристрою та розглянули його основні складові; здійснили вибір та аналіз елементної бази, яка цілком задовольняє умови експлуатації пристрою мобільного кардіомоніторингу та забезпечує його працездатність; виконали етап компонування пристрою у програмному середовищі SolidWorks, що дозволило нам з великою ефективністю виконати проектне завдання щодо розробки пристрою та отримати його тривимірну модель; обрали спосіб виготовлення та матеріалу корпусу для пристрою; здійснили вибір типу друкованої плати та способу її виготовлення; обґрунтували клас точності та вибір матеріалу друкованої плати; описали методи і засоби проектування друкованої плати, розрахували діаметри контактних площинок та ширину провідників ДП; здійснили трасування друкованої плати у сучасному програмному пакеті DipTrace; навели технологію виготовлення ДП комбінованим позитивним методом; провели розрахунки плати до дії вібраційних навантажень та на завадостійкість; промодельювали схему індикації рівня зарядженості акумулятора пристрою мобільного кардіомоніторингу за допомогою програмного пакета Multisim та встановили, що досліджуваний блок працює належним чином.

Під час виконання четвертого розділу даної магістерської кваліфікаційної роботи ми проводили економічні розрахунки для доведення доцільності та ефективності запровадження отриманих результатів виконаних наукових та

науково-технічних робіт у виробництво, тобто здійснювали так звану комерціалізацію наукової розробки (пристрою мобільного кардіомоніторингу). Успішному досягненню цієї мети сприяло чітке та неухильне зосередження на вирішенні поставлених нам завдань, які розв'язувались послідовно за окремими пунктами.

Спочатку нами було проведено розрахунок кошторису витрат на проведення НДДКР із дослідження та розробки пристрою мобільного кардіомоніторингу. Далі ми здійснили калькуляцію виробничої та повної собівартості кардіомонітора та розрахували ціну його можливої реалізації, провели оцінювання економічної ефективності інноваційного рішення, під час якого, головним завданням було визначення вартості майбутніх вигід, які можна одержати протягом терміну реалізації цього рішення. Економічну ефективність нашої розробки ми здійснили шляхом встановлення значень наступних показників: чистого дисконтованого доходу, за яким виявили, що запропонований нами інноваційний проект доцільно прийняти; періоду окупності інвестицій, який є набагато меншим ніж те його значення, яке встановлене у технічному завданні, що говорить про можливість проекту в короткий термін почати приносити прибутки виробнику; індексу рентабельності, величина якого свідчить про те, що чиста теперішня вартість інноваційного проекту є позитивною. Отже, ми остаточно переконались у тому, що прийняття розробленого нами пристрою мобільного кардіомоніторингу для практичної реалізації є доцільним та економічно вигідним інвестиційним проектом для можливого потенційного інвестора.

Під час виконання п'ятого розділу даної магістерської кваліфікаційної роботи ми опрацювали такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення загальної жорсткості віброізоляторів, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під час проведення дослідження конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу, безпека в надзвичайних ситуаціях.

Отже, ми маємо розроблену конструкцію пристрою мобільного

кардіомоніторингу та повний комплект необхідної супровідної технічної документації для його можливого виготовлення у реальному житті.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : Учебник для вузов. / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др. ; Под общ. ред. В. А. Шахнова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 568 с. : ил. – (Информатика в техническом ун-те).
2. Цифровые интегральные микросхемы : Справ. / М. И. Богданович, И. Н. Грель, В. А. Прохоренко, В. В. Шалимо. – Мн. : Беларусь, 1991. – 493 с.
3. Белов А. В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. / А. В. Белов. – СПб. : Наука и Техника, 2008. – 544 с. : ил. + CD.
4. Что такое микроконтроллеры – назначение, устройство, софт [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://elektrik.info/main/automation/549-что-такое-mikrokontrollery-naznachenie-ustroystvo-princip-raboty-soft.html>. (дата звернення 19.11.19). – Назва з екрана.
5. Фридмен М., Ивенс Л. Проектирование систем с микрокомпьютерами : Пер. с англ. / М. Фридмен, Л. Ивенс – М. : Мир, 1986. – 405 с.
6. Зубарев А. А. Ассемблер для микроконтроллеров AVR : Учебное пособие. / А. А. Зубарев – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 112 с.
7. Использование микроконтроллеров при проектировании цифрового вольтметра [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.techspirit.ru/spiren-806.html>. (дата звернення 19.11.19). – Назва з екрана.
8. Попечителей Е. П. Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника : Учеб. пособие. / Е. П. Попечителей, Н. А. Корневский; Под ред. Е. П. Попечителей. – М. : Высш. шк., 2002. – 470 с. : ил.
9. Що таке мікропроцесор, мікроконтролер та програмований логічний контролер [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [http://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what\\_is\\_mp\\_mc\\_plc.php](http://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what_is_mp_mc_plc.php). (дата

звернення 19.11.19). – Назва з екрана.

10. Фролов С. В. Методы и приборы функциональной диагностики : учеб. пособие. / С. В. Фролов, В. М. Строев, А. В. Горбунов, В. А. Трофимов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.

11. Кореневский Н. А. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечеб. воздействий : Монограф. / Н. А. Кореневский, Е. П. Попечителей, С. А. Филист. – Курск : КГТ, 1999. – 537 с.

12. Калакутский Л. И. Аппаратура и методы клинического мониторинга : Учеб. пособ. / Л. И. Калакутский, Э. С. Манелис. – М.: Высш. шк., 2004. – 156 с.

13. Алдонин Г. М. Системы и устройства в кардиологии : Учеб. пособ. / Г. М. Алдонин, С. П. Желудько. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 181 с.

14. Показники смертності внаслідок серцево-судинних захворювань в Україні – одні з найвищих у світі [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-culture/2544198-v-ukraini-pokazniki-smertnosti-cerez-hvorobi-serca-e-odnimi-z-najvisih-u-sviti.html>. (дата звернення 20.11.19). – Назва з екрана.

15. Аристов А. А. Технические методы диагностических исследований : Практикум. / А. А. Аристов. – Томск : Издательство ТПУ, 2009. – 148 с.

16. Разработка и исследование микроэлектронного монитора параметров гемодинамики [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/2277>. (дата звернення 20.11.19). – Назва з екрана.

17. Кардиомониторинг [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.livemd.ru/tags/kardiomonitoring/>. (дата звернення 21.11.19). – Назва з екрана.

18. Кардиомонитор [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://works.doklad.ru/view/ICOMHgdoj2U.html>. (дата звернення 21.11.19). – Назва з екрана.

19. Дощицин В. Л. Руководство по практической электрокардиографии. /

В. Л. Дощицин. – М. : МЕДпресс-информ, 2013. – 416 с.

20. Федотов А. А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. / А. А. Федотов, С. А. Акулов. – М. : Радио и связь, 2013. – 248 с.

21. Калакутский Л. И. Инструментальные методы оценки состояния человека в аэрокосмических исследованиях : Электронная лекция. / Л. И. Калакутский. – Самара. : Самар. гос. аэрокосм. ун-т., 2009. – 117 с.

22. Мошкевич В. С. Фотоплетизмография : (Аппаратура и методы исследования). / В. С. Мошкевич – Москва : Медицина, 1970. – 208 с.

23. Ахутин В. М. Биотехнические системы: теория и проектирование : Учеб. пособие. / В. М. Ахутин, А. П. Немирко, Н. Н. Першин, А. В. Пожаров, Е. П. Попечителей, С. В. Романов. – Оренбург : Оренб. гос. ун-т, 2008. – 204 с.

24. Орлов В. Н. Руководство по электрокардиографии. / В. Н. Орлов. – 7-е изд., испр. – М. : ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2012. – 560 с.

25. Ахутин В. М. Биотехнические системы : теория и проектирование : Учебное пособие. / В. М. Ахутин, А. П. Немирко, Н. Н. Першин и др. Под ред. В. М. Ахутина. – Л. : ЛГУ, 1981. – 220 с.

26. Барановский А. Л. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля ЭКГ : Учебное пособие для вузов. / А. Л. Барановский, А. Н. Калиниченко, Л. А. Манило и др. ; Под ред. А. Л. Барановского и А. П. Немирко. – М. : Радио и связь, 1993. – 248 с.

27. Нормальная ЭКГ: комплекс QRS [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронні дані. – Режим доступу: <http://therapy.odmu.edu.ua/ru/ecg-online-course/192-normal-ecg-qrs-complex>. (дата звернення 21.11.19). – Назва з екрана.

28. Терапия (кардиомониторинг) [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронні дані. – Режим доступу: <https://ref.online-books.net.ua/major/277/144941/>. (дата звернення 21.11.19). – Назва з екрана.

29. Портативний кардіомонітор для зняття кардіограми QardioCore [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронні дані. – Режим доступу:

<https://www.citrus.ua/uk/ustrojstva-personalnogo-monitoringa/portativnyy-ekg-monitor-qardio-core-618398.html>. (дата звернення 21.11.19). – Назва з екрана.

30. Кардиомонитор QardioCore [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://watchsport.ru/kardiomonitor-qardio-core.html>. (дата звернення 22.11.19). – Назва з екрана.

31. QardioCore. Обзор домашнего кардиомонитора для самых сознательных [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.inspectorgadgets.ru/post/qardio-core-obzor-domashnego-kardiomonitora-dlya-samykh-soznatelnykh>. (дата звернення 22.11.19). – Назва з екрана.

32. Сердца пламенный мотор: обзор кардиомонитора QardioCore [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/madrobots/blog/428638/>. (дата звернення 22.11.19). – Назва з екрана.

33. Цехмістрова Г. С. Основи наукових досліджень : Навчальний посібник. / Г. С. Цехмістрова. – Київ : Видавничий Дім «Слово», 2004. – 240 с.

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

35. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень : Практикум. / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 113 с.

36. Якість продукції та методи її оцінки [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://pidruchniki.com/84384/ekonomi-ka/yakist\\_produktsiyi\\_metodi\\_otsinki](https://pidruchniki.com/84384/ekonomi-ka/yakist_produktsiyi_metodi_otsinki). (дата звернення 19.11.19). – Назва з екрана.

37. Методи оцінки конкурентоспроможності продукції [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://posibniki.com.ua/post-metodi-ocinki-konkurentospromozhnosti-produkc>. (дата звернення 20.11.19). – Назва з екрана.



38. Маркетинг : Підручник / за заг. ред. д. е. н., проф. М. М. Єрмошенка, д. е. н., проф. С. А. Єрохіна. – К. : Націонал. академія управління, 2011. – 632 с.

39. Методичні вказівки до підготовки та написання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Економічне обґрунтування інноваційних рішень» для студентів, що навчаються за спеціальностями: «Мікро- та наносистемна техніка», «Біомедична інженерія», «Електроніка», «Телекомунікації та радіотехніка» / Уклад. О. О. Адлер. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.

40. Тема 4: Діагностика конкурентоспроможності продукції [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/24022/mod\\_resource/content/0/Diagnos/Тема\\_04.htm](https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/24022/mod_resource/content/0/Diagnos/Тема_04.htm). (дата звернення 20.11.19). – Назва з екрана.

41. Сердечно-сосудистая система: как все устроено [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://econet.ru/articles/174511-serdechno-sosudistaya-sistema-kak-vse-ustroeno>. (дата звернення 25.11.19). – Назва з екрана.

42. Строеие сердечно-сосудистой системы [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://israelmedicine.ru/cardiosurgery/cardiovascular-system/>. (дата звернення 25.11.19). – Назва з екрана.

43. Мурашко В. В. Электрокардиография. / В. В. Мурашко, А. В. Струтынский. – 9-е изд. – М. : МЕДпресс-информ, 2008. – 320 с.

44. Григорьев А. И. Авиакосмическая и экологическая медицина. / А. И. Григорьев, А. Д. Егоров. – 2001. – Т. 31. – № 1. – С. 14 – 25.

45. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Розрахунок функціональних вузлів електрокардіографів» з дисципліни «Цифрова схемотехніка» всіх форм навчання. / Уклад. Є. Я. Швець, Н. Г. Сидоренко. – Запоріжжя : ЗНТУ, – 2002. – 86 с.

46. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем : Методические рекомендации. / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин [и др.] / Вестник

аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65 – 86.

47. Швед М. Л. Основы практичної електрокардіографії : Навчальний посібник. / М. Л. Швед, М. В. Гребеник. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2000. – 128 с.

48. Зорин А. Ю. Условные графические обозначения на электрических схемах. / Под ред. А. И. Питолина. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 74 с.

49. Романычева Э. Т. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры : Справочник / Э. Т. Романычева, А. К. Иванова, А. С. Куликов и др. ; Под ред. Э. Т. Романычевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1989. – 448 с.

50. Александров К. К., Кузьмина Е. Г. Электротехнические чертежи и схемы. / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина – М. : Энергоатомизд., 1990. – 288 с.

51. Простой кардиомонитор своими руками [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://сhem.net/medic/medic38.php#comment-56572>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

52. 49S-SMD 8.0 MHz (18pF 30PPM) (кварцевый резонатор) [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/49s-smd-8-0-mhz-18pf-30ppm-kvarczevyj-rezonator\\_33795.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/49s-smd-8-0-mhz-18pf-30ppm-kvarczevyj-rezonator_33795.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

53. Техническое описание EEE-FK1C101P [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/EEE-FK1C101P.html>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

54. 100nF 50V X7R 10% 1206 4k/reel (C1206B104K500NT-Hitano) (конденсаторы керамические SMD) [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/100nf-50v-x7r-10-1206-4k-reel-c1206b104k500nt-hitano-kondensatory-keramicheskie-smd\\_3891.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/100nf-50v-x7r-10-1206-4k-reel-c1206b104k500nt-hitano-kondensatory-keramicheskie-smd_3891.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

55. TP4056 – Микросхемы – Супервизоры напряжения, контроллеры заряда аккумуляторов [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. –

Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/tp4056\\_103650.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/tp4056_103650.html).  
(дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

56. Микросхема CE8301A50P(SOT89-3) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [http://radiocom.dn.ua/radiokomponenty-aktivnye/mikroshemy/mikroshema-ce8301\\_a50psot89-3](http://radiocom.dn.ua/radiokomponenty-aktivnye/mikroshemy/mikroshema-ce8301_a50psot89-3). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

57. FS8205A, (8205A), транзисторная сборка, 20V 6A dual N-channel mosfet, TSSOP8 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://epstik.com/p461475363-fs8205a-8205a-tranzistornaya.html>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

58. AD8232ACPZ-R7 – Микросхемы – Прочие микросхемы [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/ad8232acpz-r7\\_56877.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/ad8232acpz-r7_56877.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

59. DW01A SOT-23-6 микросхема защиты li-ion, li-pol аккумулятора [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://3v3.com.ua/product\\_4996.html](https://3v3.com.ua/product_4996.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

60. AMS1117-3.3 – Микросхемы – Стабилизаторы напряжения линейные [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/ams1117-3-3\\_87031.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/ams1117-3-3_87031.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

61. LM339AD [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/LM339AD.html>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

62. STM32F103C8T6 (ST) - Микросхемы – Микроконтроллеры [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/stm32f103c8t6\\_37645.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/stm32f103c8t6_37645.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

63. 18650-33GT (3.7v, 3300mAh, Ток разряда: 15A) Samsung (Samsung) - Аккумуляторы и батарейки – Аккумуляторы [Електронний ресурс] : [Веб-сайт].

– Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/18650-33gt-3-7v-3300mah-tok-razryada-15a-samsung\\_139462.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/18650-33gt-3-7v-3300mah-tok-razryada-15a-samsung_139462.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

64. TFT LCD 2,8" SPI 240x320 ILI9341 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://diylab.ua/ua/goods/view/14696771/all/tft-lcd-2-8-spi-240x320-ili9341/>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

65. Акустическое устройство HCM0903AX [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=HCM0903AX>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

66. Светодиоды SMD 1206 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://asenergi.com/catalog/svetodiody-smd/smd-1206.html#more>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

67. CD54NP-470LC (Sumida) - Индуктивности, дроссели - Индуктивности (дроссели) силовые SMD на гантеле [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/cd54np-470lc\\_107594.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/cd54np-470lc_107594.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

68. PS-800L (кнопка 8\*8) с фиксацией [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=PS-800L>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

69. 1 kOhm 5% 0,25W 200V 1206 (RC1206JR-1KR-Hitano) (резистор SMD) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1-kohm-5-0-25w-200v-1206-rc1206jr-1kr-hitano-rezistor-smd\\_4119.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1-kohm-5-0-25w-200v-1206-rc1206jr-1kr-hitano-rezistor-smd_4119.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

70. SWT-3/9,5 (KLS7-TS6606-9.5-180) (KLS) - Электронные компоненты и комплектующие - Кнопки и клавиатуры [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/swt-3-9-5-cls7-ts6606-9-5-180\\_123145.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/swt-3-9-5-cls7-ts6606-9-5-180_123145.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

71. Диод Шоттки 1N5819HW-7-F [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. –

Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=1N5819HW-7-F>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

72. PLS-40 штыри на плату (KLS1-207-1-40-S – KLS) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/pls-40-shtyri-na-platu-cls1-207-1-40-s-cls\\_72296.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/pls-40-shtyri-na-platu-cls1-207-1-40-s-cls_72296.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

73. 35RASMT4BHNTRX [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/35RASMT4BHNTRX.html>. (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

74. 1981568-1 - Разъёмы, клеммники, соединители - USB, mini-USB, HDMI, DVI, VGA и т.п. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1981568-1\\_160195.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1981568-1_160195.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

75. BLS-2 (разъём питания на кабель)(KLS1-540A-2.54-1X02-H)(NSR-02) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/bls-2-razem-pitaniya-na-kabel-cls1-540a-2-54-1x02-h-nsr-02\\_4074.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/bls-2-razem-pitaniya-na-kabel-cls1-540a-2-54-1x02-h-nsr-02_4074.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

76. Контакты "мама" для BLD и BLS (BLS-T)(BLD-T)(KLS1-540A-2.54-T) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kontakty-mama-dlya-bld-i-blb-blb-t-blb-t-cls1-540a-2-54-t\\_71896.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kontakty-mama-dlya-bld-i-blb-blb-t-blb-t-cls1-540a-2-54-t_71896.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

77. PBS-14 (гнезда на плату, 1x14, 2,54мм) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/pbs-14-gnezda-na-platu-1h14-2-54mm\\_50416.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/pbs-14-gnezda-na-platu-1h14-2-54mm_50416.html). (дата звернення 27.11.19). – Назва з екрана.

78. Конструирование радиоэлектронных устройств : учебно-метод. пособие по курсовому проектированию для студ. спец. I-39. 02. 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС», I-39. 02. 02 «Проектирование и производство РЭС», I-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности» дневн. и заоч. форм обуч / Н. С. Образцов [и др.]. – Минск :

БГУИР, 2007. – 71 с.

79. Барась С. Т., Лободзінська Р. Ф., Лазарєв О. О. Конструювання радіоелектронних засобів телекомунікаційних систем. Навчальний посібник. / С. Т. Барась, Р. Ф. Лободзінська, О. О. Лазарєв – Вінниця: ВНТУ, 2004 – 82 с.

80. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструювання РЕА» для студентів денної та заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.090502 «Радіоелектронні апарати». / Укладачі : С. В. Костішин, С. В. Тимчик. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 60 с.

81. Лободзінська Р. Ф., Костюк О. А., Нікольський О. І., Шеремета О. П. Конструювання і технологія радіоелектронних засобів. Навчальний посібник. / Р. Ф. Лободзінська, О. А. Костюк, О. І. Нікольський, О. П. Шеремета – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 90 с.

82. Сухов С. А. Основы моделирования в SolidWorks : Методические указания. / С. А. Сухов. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 48 с.

83. Дударева Н. Ю. SolidWorks. Оформление проектной документации. / Н. Ю. Дударева, С. А. Загайко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 384 с.

84. СТИРОЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРЫ: ПЛАСТИК ABS, ASA, SAN, SBS ГРАНУЛИРОВАННЫЕ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [http://www.plasma.com.ua/chemistry/plastics\\_polymers/product7.html](http://www.plasma.com.ua/chemistry/plastics_polymers/product7.html). (дата звернення 02.12.19). – Назва з екрана.

85. Веркович Г. А. Справочник конструктора точного приборостроения / Г. А. Веркович, Е. Н. Головенкин, В. А. Голубков и др.; Под общ. ред. К. Н. Явленского, Б. П. Тимофеева, Е. Е. Чаадаевой. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989. – 792 с.

86. Органічне скло [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Органічне\\_скло](https://uk.wikipedia.org/wiki/Органічне_скло). (дата звернення 02.12.19). – Назва з екрана.

87. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : Учебник для вузов. / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др. Под общ. ред. В. А. Шахнова. – М. : Издательство МГТУ им.

Н. Э. Баумана, 2002. – 528 с.: ил. – (Серия: Информатика в техническом университете.)

88. Проектування конструкції друкованого вузла [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://ukrbukva.net/page,7,69592-Proektirovanie-konstrukcii-pechatnogo-uzla.html>. (дата звернення 02.12.19). – Назва з екрана.

89. Ильин В. А. Технология изготовления печатных плат. / В. А. Ильин. – Л. : Машиностроение, Ленинградское отделение, 1984. – 77 с., ил. (Б-чка гальванотехника / Под ред. П. М. Вячеславова; Вып. 9).

90. Классы точности печатных плат (PCB) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://microsin.net/adminstuff/others/pcb-classes.html>. (дата звернення 03.12.19). – Назва з екрана.

91. ГОСТ 23751 – 86 ЕСКД. Платы печатные. Основные параметры конструкции.

92. Выбор материала печатной платы [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://studentpmr.ru/?p=9581>. (дата звернення 04.12.19). – Назва з екрана.

93. Ненашев А. П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов. / А. П. Ненашев. – М. : Высш. шк., 1990. – 432 с.

94. Вибір методу та матеріалу виготовлення друкованої плати [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/3A546A8A-54D0-4C96-885A-47E1B618B021.pdf>. (дата звернення 05.12.19). – Назва з екрана.

95. Горобец А. И. и др. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы) / А. И. Горобец, А. И. Степаненко, В. М. Коронкевич. – К. : Техника, 1985. – 312 с.

96. DipTrace. Система розробки схем та друкованих плат [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://diptrace.com/ua/diptrace-software/>. (дата звернення 05.12.19). – Назва з екрана.

97. Медведев А. М. Печатные платы. Конструкции и материалы. /

А. М. Медведев. – Москва: Техносфера, 2005. – 304 с.

98. Моделирование импульсных и цифровых устройств в среде Multisim : методические указания к лаб. работам по курсу «Импульсные и цифровые устройства» для студ. радиотех. спец. всех форм обуч. / сост. А. В. Мартинович, А. А. Казека, И. Г. Давыдов. – Минск : БГУИР, 2008. – 38 с.

99. Бюджетна система : Підручник. / За ред. С. І. Юрія, В. Г. Дем'янишина, О. П. Кириленко. – Тернопіль : ТНЕУ, 2013. – 624 с.

100. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : Навчальний посібник. / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

101. Важливі цифри – 2019 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://i.factor.ua/ukr/journals/ot/2019/january/issue-1/article-41783.html>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

102. Посадові оклади за ЄТС 2018, 2019, 2020 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://buhgalter.com.ua/dovidnik/posadovi-okladi-za-ets/posadovi-okladi-za-yets-2018-2019-2020/>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

103. Міжгалузева угода у сфері машинобудування, металообробки, електротехніки, радіо електротехніки, приладобудування, суднобудування, деревообробної та паперової, легкої та текстильної промисловості України на 2016-2020 роки [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=d9f380a1-abe0-487a-9cfd-46bf7300015c&title=MizhgaluzevaUgodaUSferiMashinobuduvannia-Metalobrobki-Elektrotekhniki-RadioElektrotekhniki-Priladobuduvannia-Sudnobuduvannia-DerevoobrobnoiTaPaperovoi-LegkoiTaTekstilnoiPromislovostiUkrainiNa2016-2020-roki>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

104. Папір офісний CAPTAIN Universal, A4, 80г/м2, 500арк, клас С [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу:



<https://ua.papirus.com.ua/catalog/view/89531/>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

105. Набір канцелярський «Ветрушка», (14 пр.) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://officem.com.ua/uk/713-nabor-kantselyarskij-vetrushka-14-pr-7008>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

106. USB ФЛЕШ НАКОПИЧУВАЧ KINGSTON 32GB DT SWIVL METAL USB 3.0 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://brain.com.ua/ukr/USB\\_flesh\\_nakopichuvach\\_Kingston\\_32GB\\_DT\\_SWIVL\\_Metal\\_USB\\_30\\_DTSWIVL\\_32GB-p373720.html](https://brain.com.ua/ukr/USB_flesh_nakopichuvach_Kingston_32GB_DT_SWIVL_Metal_USB_30_DTSWIVL_32GB-p373720.html). (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

107. Тонер ColorWay HP LJ Pro M402/M426 130 г [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://rozetka.com.ua/ua/colorway\\_th\\_m402/p24875509/characteristics/](https://rozetka.com.ua/ua/colorway_th_m402/p24875509/characteristics/). (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

108. Паяльна паста МЕCHANIC XG-50 (42 г) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://electronoff.ua/good/rayalnaya-pasta-mechanic-xg-50-42g.php> (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

109. Провод монтажный AVR0.35-19/0.15-CU-Y-10 на катушке [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/provod-montazhnyj-avr0-35-19-0-15-cu-y-10-na-katushke\\_119732.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/provod-montazhnyj-avr0-35-19-0-15-cu-y-10-na-katushke_119732.html). (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

110. Смывка для печатных плат, 250 мл [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p551781726-003-smuvka-dlya.html>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

111. Дихлоретан клей-розчинник для пластмас і оргскла [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://electronoff.ua/good/dihloretan-30ml.php> (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

112. Защитный лак Plastik 70 400 мл [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. –

Електронні дані. – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p239914893-zaschitnyj-lak-plastik.html>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

113. Батарейный отсек HOLDER 1 x 18650 с проводами [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://3v3.com.ua/product\\_5150.html](https://3v3.com.ua/product_5150.html). (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

114. Калькулятор просчета стоимости [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://pcbeta.com/kalkulyator-proscheta-stoimosti/>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

115. UNI-T UT804, мультиметр цифровой настольный [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://gtest.com.ua/uni-t-ut804.html>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

116. Генератор сигналов произвольной формы FY6600-60M, 60 МГц, 2 канала, частотомер [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://gtest.com.ua/fy6600-60m.html>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

117. OWON SDS7102E Осциллограф, 100 МГц, 2 канала [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://gtest.com.ua/sds7102e-oscillograf.html>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

118. Handskit 852, Паяльная станция [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://gtest.com.ua/handskit-852.html>. (дата звернення 28.11.19). – Назва з екрана.

119. Набор инструментов ProKit PK-2086B для ремонта электроники [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://electronoff.ua/good/nabor-instrumentov-proskit-pk-2086b-dlya-remonta-elektroniki.php>. (дата звернення 29.11.19). – Назва з екрана.

120. Строк корисного використання ОЗ: визначаємо, застосовуємо [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://i.factor.ua/ukr/journals/nibu/2015/october/issue-79/article-11939.html>. (дата звернення 29.11.19). – Назва з екрана.

121. Держбюджет-2019: розміри мінімальної зарплати та прожиткового

мінімуму у 2019 році [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://interbuh.com.ua/ua/documents/onenews/125409> (дата звернення 29.11.19). – Назва з екрана.

122. Методичні вказівки до підготовки та написання комплексного завдання з дисципліни «Економічне обґрунтування інноваційних рішень» для студентів денної та заочної форм навчання, що навчаються за напрямами підготовки: 6.030504 – Економіка підприємства; 6.050903 – Телекомунікації. / Укладач: А. Д. Петрашевська. – Одеса: ОНАЗ, 2017. – 36 с.

123. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень : навчальний посібник / В. В. Кавецький, І. В. Причепя, Л. О. Нікіфорова. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 137 с.

124. Александров В. В. Формування ціни на інноваційний продукт в залежності від об'єкту продажу / В. В. Александров, В. І. Болтенко, І. Ю. Мірошніченко // Вісник НТУ «ХП». – 2015. – № 59. – С. 27-30.

125. Тема 15. Ціни і ціноутворення в ринкових умовах [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://library.if.ua/book/20/1631.html> (дата звернення 30.11.19). – Назва з екрана.

126. Основні показники економічної ефективності інноваційних проектів [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://studopedia.com.ua/1\\_217986\\_osnovni-pokazniki-ekonomichnoi-efektivnosti-innovatsiynih-proektiv.html](https://studopedia.com.ua/1_217986_osnovni-pokazniki-ekonomichnoi-efektivnosti-innovatsiynih-proektiv.html) (дата звернення 30.11.19). – Назва з екрана.

127. Микитюк П. П. Інноваційний менеджмент: навчальний посібник. / П. П. Микитюк. – Тернопіль : Економічна думка, 2006. – 295 с.

128. Скібіцький О. М. Інноваційний та інвестиційний менеджмент : навчальний посібник [для студентів вищих навчальних закладів]. / О. М. Скібіцький. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 408 с.

129. Михайлова Л. І., Гуторов О. І., Турчіна С. Г., Шарко І. О. Інноваційний менеджмент : навч. посібник / Л. І. Михайлова, О. І. Гуторов, С. Г. Турчіна, І. О. Шарко. – Вид. 2-ге, доп. – Київ: Центр учбової літератури,

2015. – 234 с.

130. Чорна М. В. Оцінка ефективності інноваційної діяльності підприємств: монограф. / М. В. Чорна, С. В. Глухова. – Харків: ХДУХТ, 2012. – 210 с.

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

132. Купчик М. П. Основи охорони праці. / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець, В. Н. Вендичанський, А. М. Литвиненко, О. В. Іваненко. – К. : Основа, 2000. – 416 с.

133. Основи охорони праці: конспект лекцій / укладач А. М. Зуєв. – Суми: Сумський державний університет, 2012. – 160 с.

134. Абільтарова Е. Н. Основи охорони праці. Модуль 1: Правові та організаційні питання охорони праці, основи фізіології, гігієни праці та виробничої санітарії : Навчально-методичний посібник. / Е. Н. Абільтарова, М. С. Корець, С. М. Яшанов. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2010. – 409 с.

135. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: підруч. 4-е вид. / За ред. М. П. Гандзюка. – К. : Каравела, 2008. – 384 с.

136. ГОСТ 12.0.003 – 74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

137. ДСН 3.3.6.042 – 99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

138. ПДК 4617-88. Общесоюзные санитарно-гигиенические и санитарно-противоэпидемические правила и нормы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

139. ГН 2152 – 80. Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих і громадських приміщень.

140. ДБН В.2.5-28 – 2006. Природне і штучне освітлення.

141. ДСН 3.3.6.037 – 99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

142. ДСН 3.3.6.039 – 99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

143. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, В. М. Сторожук та ін. За ред. канд. техн. наук, доцента В. Ц. Жидецького. – Львів, Афіша, 2000 – 352 с.

144. Пособие к МГСН 2.04 – 97. Проектирование защиты от шума и вибрации инженерного оборудования в жилых и общественных зданиях. М. : ГУП «НИАЦ», 1998.

145. Державні гігієнічні нормативи «Норми радіаційної безпеки України (НРБУ – 97)». Київ : Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. – 121 с.

146. Умови праці з персональним комп'ютером [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://city-adm.lviv.ua/news/science-and-health/science/232854-umovy-pratsi-z-personalnym-kompiuterom>. (дата звернення 05.01.19). – Назва з екрана.

147. ДСТУ 8604:2015. Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

148. Березюк О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : Навчальний посібник. / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 104 с.

149. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х. : Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

150. ДБН В.2.5-27 – 2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

151. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

152. ДБН В.1.1.7 – 2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

153. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні

ВИМОГИ.

154. СНиП 2.09.02 – 85\*. Производственные здания. С изменениями.
155. ДБН 360 – 92\*\*. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень.
156. Кобилянський О. В. Основи охорони праці : Навчальний посібник. / О. В. Кобилянський, М. С. Лемешев, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 188 с.
157. ДСТУ 4297:2004. Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги.
158. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах. / В. Ф. Сакевич, М. А. Томчук. – Друге видання. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 141 с.
159. Сакевич В. Ф. Цивільна оборона. Теоретичні основи : Навчальний посібник. / В. Ф. Сакевич, О. В. Поліщук. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 126 с.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

Кафедра БМІ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. БМІ Злепко С. М.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮМОБІЛЬНОГО КАРДІОМОНІТОРИНГУ

за спеціальністю 163 – «Біомедична інженерія»

08-35.МКР.137.06.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доц. каф. БМІ Коваль Л. Г.

---

*(підпис)*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

Розробив: студент гр. БМА – 18 міКрекотень Є. Г.

---

*(підпис)**(прізвище та ініціали)*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.



1. Назва МКР: «Дослідження та розробка конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу».

2. Виконавець МКР: студент групи БМА – 18 мі Кречотень Є. Г.

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

4. Мета виконання МКР і призначення продукції: дослідження та розробка конструкції пристрою мобільного кардіомоніторингу для застосування лікарями відповідного профілю в медичних закладах охорони здоров'я та інших місцях, який володітиме здатністю тривалого відтворення електрокардіограми в режимі реального часу та зможе відображувати частоту серцевих скорочень.

5. Джерела розробки:

5.1 Попечителев Е. П. Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника: Учеб. пособие. / Е. П. Попечителев, Н. А. Корневский; Под ред. Е. П. Попечителева. – М. : Высш. шк., 2002. – 470 с.

5.2 Фролов С. В. Методы и приборы функциональной диагностики : учеб. пособие. / С. В. Фролов, В. М. Строев, А. В. Горбунов, В. А. Трофимов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.

5.3 Корневский Н. А. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечеб. воздействий : Монограф. / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителев, С. А. Филист. – Курск : КГТ, 1999. – 537 с.

5.4 Калакутский Л. И. Аппаратура и методы клинического мониторинга : Учеб. пособ. / Л. И. Калакутский, Э. С. Манелис. – М.: Высш. шк., 2004. – 156 с.

5.5 Барановский А. Л. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля ЭКГ : Учебное пособие для вузов. / А. Л. Барановский, А. Н. Калиниченко, Л. А. Манило и др. ; Под ред. А. Л. Барановского и А. П. Немирко. – М. : Радио и связь, 1993. – 248 с.

6. Технічні вимоги:

6.1 Призначення: пристрій відноситься до медичної апаратури.

Основні параметри:

– напруга живлення, В ..... 5

– споживана потужність, Вт, не більше .....	10
– струм споживання, не більше, мА .....	1000
– час роботи від акумулятора, не менше, год .....	24

## 6.2 Вимоги до життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів:

### Вимоги до міцності при транспортуванні:

– тривалість ударного імпульсу, мс .....	11
– прискорення пікове, м/с <sup>2</sup> .....	15
– загальне число ударів, не менше .....	1000

### Вимоги до ударної міцності:

– тривалість ударного імпульсу, мс .....	15
– прискорення пікове, м/с <sup>2</sup> .....	15
– загальне число ударів, не менше .....	2000

### Експлуатаційні параметри:

– температура, °С .....	– 10... + 70
– відносна вологість, % .....	78

## 6.3 Вимоги до надійності:

– вірогідність безвідмовної роботи, годин .....	30000
– напрацювання на відмову, годин .....	5000
– середній час відновлення працездатності, годин .....	2
– довговічність, годин .....	50000
– збережуваність, годин .....	30000

## 6.4 Вимоги до конструкції:

– маса, не більше, г .....	500
– об'єм, не більше, см <sup>3</sup> .....	720
– габаритні розміри, мм, не більше .....	120 × 120 × 50

6.5 Вимоги до технологічності: пристрій необхідно виготовляти за стандартними міжнародними технологіями, потрібно забезпечити високий рівень ремонтпридатності конструкції; максимально зменшити кількість деталей корпусу приладу, забезпечити можливість паралельного виготовлення його складових частин за декілька технологічних операцій шляхом спрощення

конструкції корпусу; мінімізувати кількість діаметрів отворів у конструкції друкованої плати та корпусі приладу; за можливості користуватись SMD компонентами.

6.6 Вимоги уніфікації та стандартизації: пристрій повинен складатися із легкодоступних виробів та матеріалів; можливе використання новітніх розробок; мінімізувати кількість виробників радіоелементів; зменшити номенклатуру типорозмірів для компонентів спільного призначення; пристрій обладнати розповсюдженими роз'ємами для підключення до джерела живлення та електродів.

6.7 Вимоги до дизайну, ергономіки та технічної естетики: прилад повинен бути зручним для використання, ремонтпридатним; корпус має бути виготовлений з технічно та економічно обґрунтованого матеріалу, що може бути будь-якого кольору; пристрій необхідно обладнати кольоровим графічним дисплеєм, засобами індикації серцевого ритму, рівня та стану зарядженості акумулятора.

6.8 Вимоги експлуатації та зручності ремонту: прилад повинен бути зручним в експлуатації і виконанні ремонту, мати інтуїтивно зрозуміле керування; у конструкції пристрою необхідно передбачити автономне джерело живлення.

6.9 Вимоги до безпеки життя: прилад повинен бути безпечним для користувача та обслуговуючого персоналу, не мати відкритих частин та гострих кутів, мати ізоляцію струмоведучих частин, відповідати нормам безпеки життєдіяльності; нижня частина корпусу пристрою повинна містити попереджуючі написи та маркування, щодо безпеки експлуатації за міжнародними стандартами.

6.10 Вимоги взаємозамінності: прилад повинен бути блочного типу, конструкція комплексного блоку повинна бути розбірною, схема має складатися з доступної та сучасної елементної бази, яка задовольняє окреслені вище вимоги.

6.11 Вимоги транспортування та зберігання: відсутні.

6.12 Вимоги до якості й технічного рівня: прилад повинен відповідати сучасному рівню якості та точності медичної апаратури такого ж призначення.

7. Техніко-економічні вимоги: виробництво даного приладу повинно окупитися не більше ніж за 3 роки.

8. Вимоги до сировини та матеріалів: матеріали, з яких вироблятиметься даний прилад, повинні бути екологічно чистими, легкодоступними та, при можливості, легкими й володіти високими показниками міцності.

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

10. Вимоги до супровідної документації:

– склад КД: пояснювальна записка, схема електрична структурна, схема електрична принципова, перелік елементів, кресленик друкованої плати, складальний кресленик друкованого вузла, специфікація.

11. Стадії та етапи МКР:

11.1 Теоретична частина:

– аналітичний огляд питання; моніторинг показників серцево-судинної системи; конструкторсько-технологічний розділ; економічна частина; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

11.2 Графічна частина:

– схема електрична структурна і принципова; перелік елементів; кресленик друкованої плати; складальний кресленик друкованого вузла; специфікація.

Таблиця А.1 – Етапи виконання магістерської кваліфікаційної роботи

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання
1	Розробка технічного завдання до МКР	до 20.10.2019
2	Техніко-економічний аналіз завдання, економічного середовища, обґрунтування вихідних даних та оптимального варіанту розробки	до 01.11.2019
3	Розв'язання основної конструкторської задачі	до 15.11.2019
4	Розрахунок техніко-економічних показників	до 20.11.2019
5	Розробка заходів з охорони праці та безпеки у НС	до 25.11.2019
6	Оформлення графічної частини та пояснювальної записки	до 01.12.2019
7	Попередній захист	06.12.2019

12. Порядок контролю та прийняття роботи:

Графічна та текстова документація розробленого пристрою повинна відповідати діючим на момент виконання роботи стандартам України.

Розробив студент групи БМА – 18м \_\_\_\_\_ Крекотень Є. Г.