

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
« ____ » _____ 2025 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему
“Дослідження та реалізація програмно-апаратного комплексу
моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних
на робоче місце лікаря”

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи КІ-24М
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Завірюха Є.О.
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту
кандидат фізико-математичних наук, доцент
_____ Якименко Н.М.
« ____ » _____ 2025 р.
Рецензент _____

АНОТАЦІЯ

Завірюха Є.О. Дослідження та реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2025.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Метою розробки є дослідження та реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Предметом дослідження є методи моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Методи дослідження базуються на методах теорії обробки інформації, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Результат роботи – реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Python.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, моніторинг життєвих показників пацієнтів

ABSTRACT

Zaviriukha E.O. Research and implementation of a software-hardware complex for monitoring patients' vital signs with data transfer to the doctor's workplace. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2025.

In this final qualification work for the second (master's) level of higher education, software has been developed, which is intended for a software-hardware complex for monitoring patients' vital signs with data transfer to the doctor's workplace.

The purpose of the development is the research and software implementation of a software-hardware complex for monitoring patients' vital signs with data transfer to the doctor's workplace.

The object of the research is the process of monitoring patients' vital signs with data transfer to the doctor's workplace.

The subject of the research is methods for monitoring patients' vital signs with data transfer to the doctor's workplace.

The research methods are based on methods of information processing theory, methods of mathematical statistics, methods of software development.

The result of the work is a software implementation of a hardware-software complex for monitoring patients' vital signs with data transmission to the doctor's workplace.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with the software are provided.

The program can be used on a PC with Windows 10/11 OS.

The program was developed in the Python environment.

Keywords: computer engineering, monitoring patients' vital signs

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	3
ВСТУП.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	6
1.1 Призначення системи.....	6
1.2 Область застосування.....	7
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	8
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.....	8
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	15
2.3 Розгорнута постановка завдання	17
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	19
3.1 Опис функціонування системи	19
3.2 Розробка структурної схеми.....	27
3.3 Розробка функціональної схеми	31
3.4 Розробка діаграми процесів.....	41
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	43
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	43
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	60
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	62
6 НАУКОВА НОВИЗНА	64

						ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ		
Вим	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Завірюха Є.О.				Дослідження та реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Якименко Н.М.					М	1	88
Н.контр.	Коваленко А.С.				ЦНТУ КІ-24М			
Затв.	Смірнов О.А.							

7	МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ	65
7.1	Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту	65
7.2	Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок ...	66
7.3	Вибір методу оцінки вартості ПЗ	66
7.4	Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості.....	67
7.5	Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ	69
7.6	Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ	70
7.7	Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту.....	70
8	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	71
8.1	Вступ.....	71
8.2	Шкідливі і небезпечні фактори при роботі з комп'ютером.....	72
8.3	Аналіз санітарно-гігієнічних умов праці на робочому місці програміста ...	73
8.4	Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці	76
8.5	Розрахункова частина	77
9	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	80
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

БМІ	–	біомедична інформація
БМС	–	біомедичні системи
БМП	–	віртуальний медичний пристрій
ЕКГ	–	електрокардіограма
ЕЕГ	–	електроенцефалограма
ЕОГ	–	електроокулограма
ЕМГ	–	електроміограма
ЕРГ	–	електроретинограма
ОС	–	операційна система
ПЗ	–	програмне забезпечення
ЦОС	–	цифрова обробка сигналів

КБПЗ-2025

ВСТУП

Актуальність теми. У роботі запропоновано метод організації структурної схеми апаратно-програмного медичного комплексу, в якому основна увага була приділена: методу побудови архітектури біомедичної системи для реєстрації та обробки фізіологічних сигналів, що підвищує функціональність комплексу та його технологічність; математичній моделі розподілу та фізичного представлення даних для вирішення задачі ідентифікації паралельних процесів; методика забезпечує функції реєстрації, зберігання, обробки, аналізу ряду фізіологічних сигналів: пульсу, температури тіла, електрокардіограм; високій надійності та стійкості до перешкод; розробці оригінального схемотехнічного рішення з метою зменшення обсягу телеметричних даних та великого обсягу переданої інформації, а також збільшення швидкості бездротової передачі даних. Моніторинг життєво важливих показників за допомогою апаратно-програмного медичного комплексу покращує якість життя пацієнта під час обстеження та дозволяє кількісно оцінити реакцію серцево-судинної системи пацієнта на стрес-тести, встановити ефективність режиму стимуляції та терапії у пацієнтів з імплантованими кардіостимуляторами та багатьма іншими патологіями.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.
- Дослідження програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.
- Реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Об'єктом дослідження є процес моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Предметом дослідження є методи моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Методи дослідження базуються на методах теорії обробки інформації, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

– Удосконалено метод моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

– Розроблено вітчизняний продукт моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Достовірність наукових результатів підтверджена теоретичними викладеннями, даними комп'ютерного моделювання, коректними дослідженнями параметрів на функціонуючій обчислювальній мережі, а також відповідністю отриманих результатів окремим результатам, наведеним у науковій літературі.

Робота апробована на LVII Науково-технічній конференції здобувачів вищої освіти LV науково-технічної конференції «Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку» (2025 р.), основні положення випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти надруковані у статті збірника праць молодих науковців ЦНТУ, випуск №15.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Система призначена для реалізації програмно-апаратного комплексу для моніторингу функціонального стану людини. Комплекс, що створюється, має бути багатоцільовим та універсальним з точки зору віку пацієнтів та застосовності комплексу в різних сценаріях, зокрема для особистого використання пацієнтами, у реабілітації, для оперативного моніторингу стану спортсменів, пілотів, водіїв та інших категорій, включаючи тих, хто працює в екстремальних умовах.

Представлено порівняльний аналіз неінвазивних методів та технічних засобів отримання інформації про значущі параметри функціонального стану організму людини. Результати аналізу узагальнено з метою формування вимог до апаратно-програмних засобів для моніторингу функціонального стану людини. Проаналізовано математичну модель, яка дозволила отримати інтегральну оцінку функціонального стану людини.

Визначено значущі параметри та характеристики організму людини, що піддаються об'єктивному інструментальному контролю. Ці параметри необхідні для створення програмно-апаратного комплексу, що дозволяє здійснювати моніторинг функціонального стану людини в режимі реального часу. Визначено вимоги до вузлів комплексу. Він дає змогу оцінювати функціональний стан як з відволіканням об'єкта контролю від професійної діяльності, так і без нього. Сформульовано склад та характеристики каналів вимірювання. Запропоновано метод формування оцінки функціонального стану людини на основі використання методів штучного інтелекту

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1.2 Область застосування

Запропонований апаратно-програмний комплекс задовольняє поставленим цілі та завданням. Проведені дослідження дозволяють рекомендувати комплекс, що розробляється, для використання медичним персоналом з метою підтримки прийняття медичних рішень. Комплекс, що розробляється, є багатоцільовим та може бути корисним для особистого використання пацієнтами, у тому числі в домашній телемедицині, а також спортсменами, яким необхідно постійно контролювати стан організму під час тренувального процесу. Комплекс може використовуватися людьми, чия професійна діяльність пов'язана з ризиками у разі зниження функціональних параметрів організму.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

Галузь охорони здоров'я переживає цифрову трансформацію, і серцевиною цієї еволюції є програмне забезпечення для медичних виробів. З наближенням 2026 року складність і важливість цих інструментів зростають. Від підвищення точності діагностики до спрощення догляду за пацієнтами та забезпечення відповідності нормативним вимогам, точне програмне забезпечення може стати «наступним великим проривом» для медичних працівників.

У цьому блозі ми заглибимося у світ програмного забезпечення для медичних виробів, дослідимо, що це за програмне забезпечення, які важливі фактори слід враховувати перед прийняттям рішення, а також детально порівняємо провідних гравців, які, як очікується, домінуватимуть на ринку у 2025 році. Крім того, ми також виділимо переваги програмного забезпечення та побачимо його неймовірне майбутнє, що розгортається блискавично.

Що таке програмне забезпечення для медичних виробів?

Програмне забезпечення для медичних пристроїв – це певний набір програмних застосунків та платформ, розроблених для медичного середовища, для чіткого прийняття клінічних рішень, ведення пацієнтів, діагностичної візуалізації та роботи медичних пристроїв. Це програмне забезпечення або функціонує як сам медичний пристрій, або контролює та підтримує роботу медичних апаратних пристроїв.

Це програмне забезпечення створює та керує найчутливішими медичними даними. Тому воно суворо регулюється такими агентствами, як FDA у США, CE Marking у Європі та деякими іншими подібними організаціями по всьому світу,

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

що забезпечує стандарти безпеки та відповідності.

Які фактори слід враховувати перед вибором програмного забезпечення для медичних пристроїв?

Вибір правильного програмного забезпечення для медичних пристроїв – це важливе рішення, яке впливає не лише на здоров'я пацієнта, але й на безперебійну роботу медичного закладу та його дотримання нормативних вимог. Щоб прийняти таке рішення, необхідна ретельна процедура оцінки, яка враховує багато факторів.

Оцінки та відгуки користувачів

Відгуки користувачів залишаються одним із найбезпосередніших та найпотужніших показників реальної ефективності програмного забезпечення в усьому світі. Такі платформи, як G2 та Capterra, пропонують цінну інформацію про щоденний досвід медичних працівників з різними потребами та програмними рішеннями. Найкращі коментарі та вищі оцінки часто свідчать про просте у використанні програмне забезпечення, яке працює без збоїв, та ефективну підтримку клієнтів.

Схвалення нормативних актів та безпеки

Одним із найважливіших факторів, який слід враховувати під час вибору програмного забезпечення для медичного пристрою, є відповідність законодавству. Будь-яке програмне забезпечення, яке ви розглядаєте, повинно мати необхідні регуляторні дозволи від регіональних регуляторних органів. Переконайтеся, що продукт відповідає останнім вимогам до програмного забезпечення для медичних пристроїв, включаючи стандарт ІЕС 62304 щодо процесів життєвого циклу програмного забезпечення медичних пристроїв.

Огляд та призначення програмного забезпечення

Різні програмні рішення задовольняють різні потреби. Існують програмні інструменти, спеціально розроблені для візуалізації та діагностики, тоді як решта зосереджені на управлінні електронними медичними картками, дистанційному моніторингу або підтримці клінічних рішень. Розуміння основної функції

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

програмного забезпечення гарантуватиме, що воно підходить для унікальних потреб вашої організації.

Інтеграція з іншими системами

Середовища охорони здоров'я – це складні екосистеми взаємопов'язаних систем. Можливості нового програмного забезпечення повинні полягати в його безперешкодній інтеграції з існуючою системою електронних медичних записів (EHR), системами архівування та зв'язку зображень (PACS), лабораторними інформаційними системами (LIS) та іншою лікарняною інфраструктурою. Правильна інтеграція програмного забезпечення зменшить ручну роботу, зменшить кількість помилок та загалом підвищить продуктивність.

Зручність використання та доступність

Як правило, медичні працівники постійно перебувають у стресі, але від них все ще очікують надання відмінних послуг; тому зручне програмне забезпечення є для них обов'язковим. Такі функції, як мобільність, віддалений вхід та сумісність з кількома пристроями, можуть полегшити ведення пацієнтів та темп роботи.

Безпека та конфіденційність даних

Робота з конфіденційною інформацією про пацієнтів вимагає надійних систем безпеки. Дуже важливо, щоб заходи безпеки відповідали стандартам HIPAA, GDPR та іншим місцевим законам про конфіденційність. Для захисту конфіденційних даних використання шифрування даних, контроль доступу на основі ролей та безпечне хмарне сховище є деякими з необхідних функцій.

1. 3D Slicer

3D Slicer – це платформа з відкритим вихідним кодом для аналізу медичних зображень та 3D-візуалізації. Програма підтримує всі види форматів зображень, такі як КТ, МРТ, ПЕТ та УЗД, що забезпечує високу універсальність для клініцистів та дослідників. За своєю суттю, це модульне програмне забезпечення, до якого користувачі можуть додавати плагіни для розширення існуючих функцій, що робить його чудовим для використання як в освіті, так і в

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

серйозних дослідницьких програмах.

Основні характеристики:

- Високий рівень налаштування.
- Підтримка кількох платформ.
- Широко використовується в хірургічному плануванні .
- Розширена 3D-візуалізація та сегментація зображень.

2. NovaPACS

NovaPACS – це ефективна система архівування та зв'язку зображень (PACS), зручна для обробки, доступу та обміну медичними зображеннями. Працюючи на ринку вже досить давно, вона забезпечує безпечну та детальну платформу для рентгенологів та лікарів. Її основними функціями є швидке завантаження зображень, розширені інструменти перегляду та безпечне зберігання.

Основні характеристики:

- Швидке отримання даних медичної візуалізації.
- Масштабовані сховища та хмарні опції.
- Інтеграція з робочими процесами радіології.
- Надійні функції безпеки зображень та відповідності вимогам.

3. CARESTREAM Vue RIS

CARESTREAM Vue RIS (Radiology Information System) – це універсальна радіологічна інформаційна система, яка робить робочі процеси планування, управління пацієнтами та візуалізації доступнішими. Вона інтегрує функції PACS, RIS та звітності в єдину платформу, тим самим підвищуючи ефективність роботи медичних бригад.

Крім того, будучи хмарною, система дуже зручна для медичних закладів, які мають більше одного сайту або займаються телемедициною.

Основні характеристики:

- Сильні інтеграційні можливості.
- Хмарний доступ для віддаленого доступу.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- Автоматизована реєстрація пацієнтів.
- Підтримка телемедицини для дистанційних консультацій.
- Аналітика в режимі реального часу для відстеження ефективності.

4. OsiriX MD

OsiriX MD – це сертифіковане програмне забезпечення, створене ексклюзивно для macOS та iOS. Воно пропонує передові інноваційні методи 3D та 4D навігації, включаючи підтримку ПЕТ-КТ та СПЕКТ-СТ, а також повну інтеграцію з будь-якими PACS. Його інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та надійна сумісність з DICOM роблять його одним із найпопулярніших рішень для візуалізації у світі.

Основні характеристики:

- Легко встановити.
- Схвалено FDA та сертифіковано CE.
- Відмінні можливості візуалізації.
- Високошвидкісна обробка зображень.
- Підтримка мультимодальної візуалізації (КТ, МРТ, ПЕТ, УЗД).

5. Epocrates

Epocrates є одним із найнадійніших інструментів для підтримки клінічних рішень, який має базу користувачів із кількох мільйонів медичних працівників по всьому світу. Інструмент пропонує швидкий доступ до інформації про ліки, рекомендацій щодо дозування, перевірок взаємодії ліків та довідкових матеріалів щодо захворювань. Інструмент робить процес прийняття рішень клініцистами на місці надання медичної допомоги швидшим та безпечнішим, таким чином зменшується кількість помилок у призначенні рецептів та підвищується точність лікування.

Основні характеристики:

- Довідкова бібліотека захворювань та станів.
- HIPAA-сумісне та безпечне оброблення даних.
- Медичні калькулятори та рекомендації щодо дозування.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

6. eClinicalWorks

eClinicalWorks – це широко використовуване програмне забезпечення для електронних медичних карток (EHR) та управління практикою (PM). Програмне забезпечення пропонує повний набір інструментів для управління пацієнтами, планування прийомів, електронного призначення ліків та виставлення рахунків. Воно розроблене для безперешкодної інтеграції адміністративного та клінічного робочого процесу кожного медичного працівника.

Основні характеристики:

- Повні можливості електронної медичної картки та телемедицини.
- Залучення пацієнтів через портали та додатки.
- Інтегровані інструменти для виставлення рахунків та циклу доходів.
- Хмарний сервіс із надійною безпекою даних.

Переваги використання програмного забезпечення для медичних пристроїв у сфері охорони здоров'я:

- Підвищує точність діагностики завдяки використанню найновіших засобів візуалізації.
- Дозволяє реалізувати оптимізовані робочі процеси завдяки автоматичному виконанню рутинних завдань.
- Систему можна легко та гармонійно підключити до EHR та PACS.
- Полегшує доступ на відстані та використання послуг телемедицини.
- Відповідає вимогам FDA, CE та міжнародних норм.
- Впроваджено з надійними заходами безпеки для захисту конфіденційних даних.
- Його можна без проблем адаптувати до клініки, лікарні або великих мереж охорони здоров'я.
- Забезпечує економію коштів завдяки використанню найефективніших ресурсів та робочих процесів.
- Призводить до покращення здоров'я пацієнта завдяки швидкому, індивідуально підбраному лікуванню.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Зростання ринку та майбутні тенденції програмного забезпечення для медичних виробів

Прогнозується, що світовий ринок програмного забезпечення як медичного пристрою у 2025 році становитиме 1,58 мільярда доларів, а до 2032 року зросте до 6,87 мільярда доларів зі сукупним річним темпом зростання (CAGR) 20,13%.

Ключові майбутні тенденції програмного забезпечення для медичних пристроїв:

- Діагностика на основі штучного інтелекту: Штучний інтелект поступово стане одним з основних факторів у візуалізації, прогнозній аналітиці та прийнятті клінічних рішень, допомагаючи лікарям виявляти захворювання на ранніх стадіях та з більшою точністю.

- Хмарні платформи: По суті, хмарні обчислення дозволять мати сховище, яке можна масштабувати вгору або вниз за потреби, безпечний спільний доступ та доступ з інших місць, не обов'язково з лікарні, що дозволить співпрацювати не лише в лікарні, а й у різних місцях.

- Підключені пристрої та Інтернет речей: Носимі пристрої разом із пристроями з підтримкою Інтернету речей забезпечать безперервний моніторинг пацієнтів, отже, дані можна буде надсилати лікарям у будь-який момент.

- Інтеграція телемедицини: програмне забезпечення для охорони здоров'я продовжуватиме тісно співпрацювати із системами телемедицини, щоб забезпечити можливість та підтримку дистанційних консультацій, діагностики та подальшого догляду за пацієнтами.

- Нормативні інновації: FDA та CE покращать стандарти безпеки, одночасно пришвидшуючи процес затвердження медичного програмного забезпечення.

- Персоналізація на основі даних: Використання передової аналітики, по суті, дозволить створити найбільш підходящий план лікування, який відповідає конкретним даним пацієнта та загальним тенденціям здоров'я.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Висновок

Вибір відповідного програмного забезпечення для медичних пристроїв є важливим для медичних працівників з метою покращення догляду за пацієнтами та оптимізації клінічного робочого процесу. Зараз, з розвитком технологій, до них мають входити штучний інтелект, хмарні платформи та пристрої взаємодії.

Якщо медичний працівник бажає створити власне програмне забезпечення, гарним кроком буде партнерство з експертом-постачальником послуг з розробки програмного забезпечення для медичних виробів. Вони використовують свій досвід, щоб гарантувати, що програмне забезпечення відповідає суворим регуляторним вимогам, таким як FDA та CE, є безпечним, розширюваним та повністю адаптованим для вирішення проблем медичних організацій.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Як мова програмування обрана Python. Python – високорівнева мова програмування загального призначення з акцентом на продуктивність розроблювача й читаність коду. Синтаксис ядра Python мінімалістичний. У той же час стандартна бібліотека включає великий обсяг корисних функцій.

Python підтримує кілька парадигм програмування, у тому числі структурне, об'єктно-орієнтоване, функціональне, імперативне й аспектно-орієнтоване. Основні архітектурні риси – динамічна типізація, автоматичне керування пам'яттю, повна інтроспекція, механізм обробки виключень, підтримка багатопоточні обчислень і зручні високорівневі структури даних. Код у Python організовується у функції й класи, які можуть поєднуватися в модулі (які у свою чергу можуть бути об'єднані в пакети).

Еталонною реалізацією Python є інтерпретатор CPython, що підтримує більшість активно використовуваних платформ. Він поширюється вільно під дуже ліберальною ліцензією, що дозволяє використовувати його без обмежень у будь-

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

яких застосунках, включаючи пропрієтарні. Є реалізації інтерпретаторів для JVM (з можливістю компіляції), MSIL (з можливістю компіляції), LLVM і інших. Проект PyPy пропонує реалізацію Python на самому Python, що зменшує витрати на зміни мови й постановку експериментів над новими можливостями.

Python – мова програмування, що активно розвивається, нові версії (з додаванням/зміною мовних властивостей) виходять приблизно раз у два з половиною року. Внаслідок цього й деяких інших причин на Python відсутні ANSI, ISO або інші офіційні стандарти, їхню роль виконує CPython.

Python портований і працює майже на всіх відомих платформах – від КПК до мейнфреймів. Існують порти під Microsoft Windows, практично всі варіанти UNIX (включаючи FreeBSD і Linux), Plan 9, Mac OS і Mac OS X, iPhone OS 2.0 і вище, Palm OS, OS/2, Amiga, AS/400 і навіть OS/390, Symbian і Android.

При цьому, на відміну від багатьох портуємих систем, для всіх основних платформ Python має підтримку характерних для даної платформи технологій (наприклад, Microsoft COM/DCOM). Більше того, існує спеціальна версія Python для віртуальної машини Java – Jython, що дозволяє інтерпретаторові виконуватися на будь-якій системі, що підтримує Java, при цьому класи Java можуть безпосередньо використовуватися з Python й навіть бути написаними на Python. Також кілька проектів забезпечують інтеграцію із платформою Microsoft.NET, основні з яких – IronPython і Python.Net.

Python підтримує динамічну типізацію, тобто тип змінної визначається тільки під час виконання. Тому замість «присвоєння значення змінної» краще говорити про «зв'язування значення з деяким ім'ям». У Python є убудовані типи: бульові, рядки, Unicode-рядки, цілі числа довільної точності, числа із плаваючою комою, комплексні числа й деякі інші. З колекцій Python підтримує кортежі (*tuples*), списки, словники (асоціативні масиви) і, починаючи з версії 2.4, безлічі. Всі значення в Python є об'єктами, у тому числі функції, методи, модулі, класи.

Додати новий тип можна або написавши клас (*class*), або визначивши новий тип у модулі розширення (наприклад, написаному мовою C). Система

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

класів підтримує спадкування (одиначне й множинне) і метапрограмування. Можливе спадкування від більшості убудованих типів і типів розширень.

Всі об'єкти діляться на посилальні й атомарні. До атомарного ставляться `int`, `long`, `complex` і деякі інші. При присвоюванні атомарних об'єктів копіюється їхнє значення, у той час як для посилальних копіюється тільки покажчик на об'єкт, таким чином, обидві змінні після присвоювання використовують те саме значення. Посилальні об'єкти бувають змінювані й незмінні. Наприклад, рядки й кортежі є незмінними, а списки, словники й багато інших об'єктів – змінюваними. Кортеж у Python є, по суті, незмінним списком. У багатьох випадках кортежі працюють швидше списків, тому якщо ви не плануєте змінювати послідовність, то краще використовувати саме їх.

Мова має чіткий і послідовний синтаксис, продуману модульність й масштабованість, завдяки чому вихідний код написаних на Python програм легко читаємий.

Python – стабільна й розповсюджена мова. Він використовується в багатьох проектах і в різних якостях: як основна мова програмування або для створення розширень і інтеграції застосунків. На Python реалізоване велика кількість проектів, також він активно використовується для створення прототипів майбутніх програм. Python використовується в багатьох великих компаніях.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

- а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

У сучасному середовищі охорони здоров'я потреба в надійному, масштабованому та доступному моніторингу пацієнтів ще ніколи не була такою великою. Урбанізація, зростання тягаря хронічних захворювань, нестача лікарів та застаріла інфраструктура – все це разом створює значний тиск на лікарні в регіонах по всьому світу, особливо в країнах із середнім рівнем доходу.

Однак, за допомогою правильних інструментів системи охорони здоров'я можуть подолати традиційні бар'єри моніторингу та покращити як безпеку пацієнтів, так і ефективність роботи клініцистів, одночасно підтримуючи довгострокову стійкість. Одним із критично важливих інструментів для подолання цих бар'єрів є платформа моніторингу пацієнтів: гнучке рішення для всієї лікарні, розроблене для масштабування, адаптації та роботи в реальних умовах, де складність, терміновість та обсяг є щоденними реаліями.

Хоча лікарні із середнім рівнем доходу поділяють багато потреб більш усталених лікарень, таких як зростання рівня хронічних захворювань, включаючи серцеві захворювання, діабет та ожиріння, ці проблеми є поєднаними з іншими, такими як:

- існуючі інфекційні захворювання: це включає спалахи нових, повторно з'являючихся та ендемічних патогенів.
- обмеженість ресурсів: застаріла інфраструктура, ненадійне електропостачання та обмежений доступ до сучасного обладнання – це проблеми, з якими стикаються багато систем охорони здоров'я.
- Нестача персоналу: поширеними є ротація персоналу, недостатня кваліфікація клініцистів та вигорання.
- фрагментована технологія: різні постачальники та несумісні системи

					VKPM-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

порушують безперервність медичного обслуговування³.

– прогалини в нормативному регулюванні: непослідовні стандарти медичного обслуговування дозволяють неякісному обладнанню потрапляти на ринок, що додає ризиків для лікарняних процесів та знижує рівень медичного обслуговування.

Через ці потреби керівникам охорони здоров'я необхідно враховувати кілька дуже важливих питань, розглядаючи будь-яку платформу моніторингу:

– Чи зменшить ця система навантаження на персонал, чи збільшить його?
– Чи може це працювати в різних сферах догляду з мінімальним навчанням?

– чи може це допомогти спростити роботу та покращити процес прийняття рішень?

– Чи будуть сигнали тривоги точними, чи вони відволікатимуть увагу? .

Не кожен монітор життєво важливих показників зроблений однаково.

На ринку доступні численні монітори життєво важливих показників з безліччю функцій та можливостей. Моніторинг пацієнта передбачає безперервне або періодичне спостереження та вимірювання фізіологічних функцій та життєво важливих показників пацієнта. Це включає відстеження частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, частоти дихання, температури та рівня насичення крові киснем.

Мета полягає в тому, щоб швидко виявити будь-які відхилення від нормальних значень, які можуть свідчити про погіршення стану пацієнта, щоб мати змогу вжити відповідних заходів.

Якщо основи технології моніторингу пацієнтів є надійними, вихідний сигнал моніторингу буде точним та надійним для процесу прийняття клінічних рішень. Як наслідок, робота медичних працівників буде покращена та спрощена, наприклад, зі значно меншою кількістю хибних тривог або переміщення датчиків.

Які ключові основи лежать в основі надійного рішення для моніторингу?

Отримання сигналу: стосується процесу захоплення та перетворення

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

життєво важливих сигналів пацієнта у формат, який можна обробляти та аналізувати за допомогою алгоритмів. На отримання сигналу впливають не лише якість та конструкція датчиків, прикріплених до пацієнта (чи датчик занадто вільно прилягає? чи не впливає на нього артефакт руху?), але й фільтри шумоподавлення, підсилення сигналу, кількість вхідних каналів, швидкість дискретизації тощо.

Монітори повинні працювати з перевіреними датчиками, адаптованими до вимог застосування, забезпечуючи точні показники та задовольняючи очікування щодо продуктивності.

Обробка сигналів: зосереджена на аналізі, модифікації та синтезі отриманих сигналів для оптимізації передачі, корекції спотворених сигналів, що забезпечує точну клінічну інтерпретацію. В основі цього лежать точні алгоритми.

Наскільки досконалі алгоритми, визначають загальну якість інформації, що відображається на моніторі. Зокрема, чутливість та специфічність відіграють ключову роль відповідно для виявлення якомога більшої кількості справжніх подій та відкидання хибних.

Точні алгоритми можуть виконувати

- покращити здатність розрізняти артефакти від справжніх життєво важливих показників.
- дозволяють безперервний моніторинг навіть за наявності артефакту, тим самим зменшуючи переривання догляду.
- мають високу чутливість, особливо на порогових значеннях для діагностики гіпотензії та гіпертензії.
- мають високу точність вимірювання за низьких та дуже низьких порогів перфузії.
- зменшити затримку між отриманням сигналу та відображенням інформації на моніторі. Навіть затримка в кілька секунд між діями хірурга та візуальним зворотним зв'язком на моніторі може поставити під загрозу результат лікування пацієнта.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Монітори та алгоритми також повинні бути ретельно протестовані компанією та сертифіковані незалежною лабораторією.

Конфігурованість: коли монітор пацієнта є гнучким з точки зору налаштування апаратного та програмного забезпечення (тобто додавання нових параметрів «на місці», можливості налаштування трендів та відображення, розширене керування тривогами та інструменти візуальної підтримки), тоді посилюються ефективніші протоколи та генеруються дієві клінічні сповіщення.

Основні можливості платформи моніторингу, готової до майбутнього

Для оцінки платформи моніторингу з точки зору безпеки пацієнтів, ефективності клініцистів та довгострокової стійкості, слід враховувати такі області:

1. Простота використання: розроблено для швидкого навчання та гнучкості.

У завантажених та складних клінічних умовах рішення, яке бере на себе частину навантаження, спростить життя. Наприклад, рішення для моніторингу, яке включає

- великі, читабельні дисплеї з висококонтрастним зображенням.
- зрозумілий інтерфейс користувача, що зменшує потребу у офіційному навчанні.
- стандартизовані робочі процеси для госпіталізації, виписки та ескалації пацієнтів.
- налаштування за зоною догляду (відділення інтенсивної терапії, відділення невідкладної допомоги, операційна, відділення пониженої терапії).
- інструменти візуалізації, які збирають та поєднують клінічні дані з різних джерел (за різними параметрами) та спрощують обробку складної інформації для ефективного процесу прийняття рішень.
- Про що мені потрібно обов'язково подумати?
- Чи може персонал з обмеженою підготовкою працювати з монітором пацієнта під тиском або під час кризи?

						ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

– Скільки кліків потрібно для виконання функції?
– Чи адаптується інтерфейс користувача до різних клінічних середовищ і дозволяє операторам інтуїтивно знаходити необхідну інформацію або налаштування?

– Чи може надмірність у інтерфейсі користувача допомогти доглядачам знаходити інформацію, що надходить з різних точок навігації?

2. Клінічна досконалість: надійна, перевірена, розумна.

Рішення для моніторингу пацієнтів повинні надавати медичним працівникам точні дані, необхідні для прогнозування, виявлення та лікування гостроти захворювання пацієнтів протягом усього періоду догляду.

– Від шкіри до екрана: датчики, розроблені для зменшення кількості хибних тривог та забезпечення цілісності сигналу, завдяки чому дані, що зчитуються на екрані, відображають те, що відбувається в організмі.

– Перевірені та ретельно протестовані алгоритми, що обробляють дані життєво важливих показників для отримання клінічно корисних результатів (наприклад, інтелектуальне керування сигналізацією, виявлення аритмії, точність артеріального тиску).

– Доступ до даних пацієнтів у режимі реального часу в усіх зонах догляду.

– Оптимізація сигналізації, що підтримує «тихе» середовище.

– Розширені інструменти візуалізації, що підтримують швидке та ефективно прийняття клінічних рішень.

– Про що мені потрібно обов'язково подумати?

– Чи клінічно перевірені та доведена їхня ефективність в умовах високого тиску алгоритми та датчики?

– Як система запобігає втомі від тривоги та підтримує швидке прийняття рішень?

3. Масштабованість: одна платформа, багато зон догляду.

Клінічні робочі процеси відрізняються в різних сферах медичного обслуговування. Відповідно, рішення має бути адаптоване до конкретної галузі

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

медичного обслуговування, в якій ми працюємо, а також має забезпечувати гнучкість використання певних параметрів за потреби.

- Модульна конструкція з повноцінними компонентами plug-and-play, що розширюються на льоту (не обмежується конфігурацією моніторингу, обраною під час покупки).

- Можливість масштабування від базових життєво важливих показників до більш спеціалізованих параметрів.

- Транспортні монітори, що стикуються та безперешкодно інтегруються з центральними системами (наприклад, електронним медичним звітом, якщо він доступний).

- Однаковий користувацький досвід у всіх відділеннях, по всій лікарні – скорочення часу на навчання.

- Про що мені потрібно обов'язково подумати?

- Чи можу я розгорнути таку саму систему по всій лікарні?

- Чи буде він зростати разом із клінічними потребами моєї лікарні протягом наступних десятиліть?

4. Мобільність та внутрішньолікарняне транспортування: безперервність без компромісів.

Під час переміщення пацієнта між зонами догляду спостереження та втручання повинні бути такими ж, як і в початковій установі, щоб підтримувати винятковий рівень безпеки пацієнтів:

- Транспортні монітори з тривалим часом роботи від батареї та міцним корпусом.

- Безперебійна передача даних пацієнтів з однієї області до іншої.

- Живлення від батареї для середовищ з коливаннями напруги живлення.

- Про що мені потрібно обов'язково подумати?

- Чи втрачає монітор дані під час транспортування пацієнта?

- Чи витримує пристрій удари під час транспортування, падіння та електричну нестабільність?

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- Чи дозволяє монітор вимірювати всі критичні параметри для рівня гостроти стану пацієнта (інтубовані пацієнти, пацієнти з нестабільною гемодинамікою)?

5. Доступність: розроблено для довгострокової цінності.

Як рішення для моніторингу широкого спектру закупівель може відповідати довгостроковим цілям фінансової стабільності лікарні? Слід враховувати багато аспектів, а не лише одноразове придбання. Нещодавно придбане рішення для моніторингу повинно мати:

- Варіант початкового рівня з можливістю оновлення в майбутньому.
- Сумісність з усіма підприємствами, що зменшує потребу в установці кількох систем.
- Цифровий робочий процес, який зменшує використання паперу та рівень помилок.
- Обмежене поточне технічне обслуговування та низькі витрати на навчання.
- Про що мені потрібно обов'язково подумати?
- Чи можемо ми оновити встановлений парк обладнання, чи нам потрібно замінити все рішення?
- Яка загальна вартість володіння протягом 5–7 років, включаючи навчання, обслуговування та витратні матеріали?

6. Надійність, якій ви можете довіряти.

Опора на компетенцію партнера, його великий досвід у моніторингу охорони здоров'я та відданість спільним цілям є основою для довгострокової співпраці:

- Підтверджений досвід роботи як у передових, так і в загальних медичних закладах.
- Сильна присутність для післяпродажної підтримки, а також для безперервності обслуговування.
- Спадщина клінічних інновацій у моніторингу пацієнтів.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- Відсутність прихованих витрат на обслуговування та довгострокова доступність запчастин.
- Про що мені потрібно обов'язково подумати?
- Чи має цей постачальник досвід довгострокових партнерських відносин на ринках, подібних до мого?
- Чи визнано цього постачальника інноваційною та клінічно бездоганною компанією?
- Чи буде цей партнер продовжуватися протягом усього терміну служби моєї платформи моніторингу?

Більшість закладів охорони здоров'я у світі не лише обмежені в ресурсах, вони мають потенціал перетворитися на центр, багатий на інновації. Лікарні, які роблять мудрий вибір сьогодні, можуть забезпечити собі позиції для майбутнього зростання, розумніших робочих процесів та кращих результатів лікування пацієнтів завтра. Правильна платформа моніторингу не лише вимірює життєво важливі показники – вона захищає пацієнтів, полегшує навантаження на клініцистів та забезпечує майбутні інвестиції в лікарні.

Короткий огляд: на що звернути увагу при виборі рішення для моніторингу:

- Простота використання: мінімальне навчання, інтуїтивно зрозумілі операції, стандартизовані робочі процеси.
- Клінічна точність: перевірені алгоритми, якість сигналу, інтелектуальні тривоги.
- Масштабованість: модульна конструкція, підтримка кількох гострот, додаткові параметри.
- Готовність до транспортування: міцні, з живленням від батареї, безперешкодна передача.
- Доступність: низька загальна вартість володіння, платформа з можливістю оновлення, зменшені витрати на обслуговування.
- Надійний партнер з глобальним досвідом, регіональна підтримка.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3.2 Розробка структурної схеми

Системи моніторингу пацієнтів використовуються в низці застосувань.

З інноваціями в бездротовому, портативному та дистанційному моніторингу пацієнтів, різноманітність та тип застосування зростають.

У стінах лікарень та клінік – історичного центру інновацій у сфері моніторингу пацієнтів – системи моніторингу пацієнтів мають вирішальне значення для будь-якої хірургічної операції.

Під час операції хірург(и) повинен(і) мати постійний доступ до життєво важливих показників пацієнта, щоб зменшити ризик виникнення негативних наслідків.

В операційній зазвичай є термометр для відстеження температури пацієнта, пульсоксиметр для вимірювання рівня кисню, капнограф для контролю рівня CO₂ та сфігмоманометр для вимірювання артеріального тиску.

Після операції багато з цих самих пристроїв моніторингу використовуються лікарями, медсестрами та іншими медичними працівниками, щоб забезпечити безперебійне післяопераційне відновлення.

Окрім клінічних умов, системи дистанційного моніторингу пацієнтів використовуються в різних сферах застосування, таких як догляд за діабетиками.

Прилади для моніторингу рівня глюкози використовуються пацієнтами з діабетом поза лікарнею вже багато років, дозволяючи як пацієнту, так і його лікарю запобігати небезпечним подіям для здоров'я.

Хоча цей розділ містить лише кілька прикладів застосувань, де системи моніторингу пацієнтів допомагають медичним працівникам та пацієнтам покращувати результати, одне має бути зрозумілим: інновації на ринку моніторингу пацієнтів продовжуватимуть стимулювати зростання нових застосувань.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Які компоненти системи моніторингу пацієнтів?

Кожна система моніторингу пацієнта унікальна – ЕКГ не складається з тих самих компонентів, що й глюкометр.

Немає жодного нормативного акту, який би стверджував, що кожна система моніторингу пацієнтів повинна мати певну кількість друкованих плат, датчиків, провідників тощо.

З огляду на це, ми групуємо компоненти системи моніторингу пацієнта на три загальні категорії: пристрій моніторингу пацієнта, капітальне обладнання та програмне забезпечення.

Пристрій моніторингу пацієнта

Хоча термін «пристрій моніторингу пацієнта» зазвичай використовується для позначення всієї системи моніторингу пацієнта, у цій публікації блогу ми використовуватимемо його для опису частини системи моніторингу пацієнта, яка контактує з пацієнтом або вводиться в нього.

Загалом, пристрій моніторингу пацієнта зазвичай містить датчик для збору важливої інформації про пацієнта (наприклад, частоти серцевих скорочень) та рішення для з'єднання (наприклад, друковані плати, роз'єми, проводку тощо), яке може передавати інформацію до основного обладнання.

Використовуючи пульсоксиметр як приклад, деталь, яка кріпиться до вашого пальця та вимірює ваш пульс, а також передає його на основне обладнання, є прикладом компонента пристрою для моніторингу пацієнта.

Капітальне обладнання

Дані, зібрані пристроєм моніторингу пацієнта, марні, якщо до них немає доступу.

Це робить капітальне обладнання важливим компонентом системи моніторингу пацієнтів.

Оскільки пристрій моніторингу пацієнта сам збирає життєво важливі дані про пацієнта, ці дані потім надсилаються (іноді бездротовим способом) на основне обладнання, де вони обробляються, зберігаються та відображаються.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Більшість основного обладнання, що використовується для моніторингу пацієнтів, використовують складну систему взаємоз'єднань, що складається з роз'ємів, друкованих плат та джгутів проводів, а також певний тип екрана/монітора, на якому дані передаються у зручному для використання форматі.

Деякі види основного обладнання для моніторингу пацієнтів містять комп'ютер із процесором та жорстким диском.

По суті, капітальне обладнання є центральною точкою, де дані з пристрою моніторингу обробляються, зберігаються та виводяться у вигляді корисної інформації.

Екран комп'ютера, на якому відображається зубець Р ЕКГ пацієнта, є прикладом капітального обладнання, що використовується в системі моніторингу пацієнта.

Програмне забезпечення

Після того, як дані пацієнта передаються з пристрою на основне обладнання, їх необхідно обробити.

Хоча апаратне забезпечення, яке збирає дані, є важливим, програмне забезпечення, яке робить ці дані корисними, часто ігнорується в обговореннях щодо інновацій у моніторингу пацієнтів.

Зрештою, програмне забезпечення відповідає за перетворення одиниць і нулів у формат, який медичні працівники можуть насправді зрозуміти.

Драйвери, програми та програми, які обробляють, зберігають та візуально перетворюють дані, є невід'ємними частинами будь-якої системи моніторингу пацієнтів – збій або затримка в програмному забезпеченні системи моніторингу пацієнтів може призвести до плутанини та небезпеки для пацієнта.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

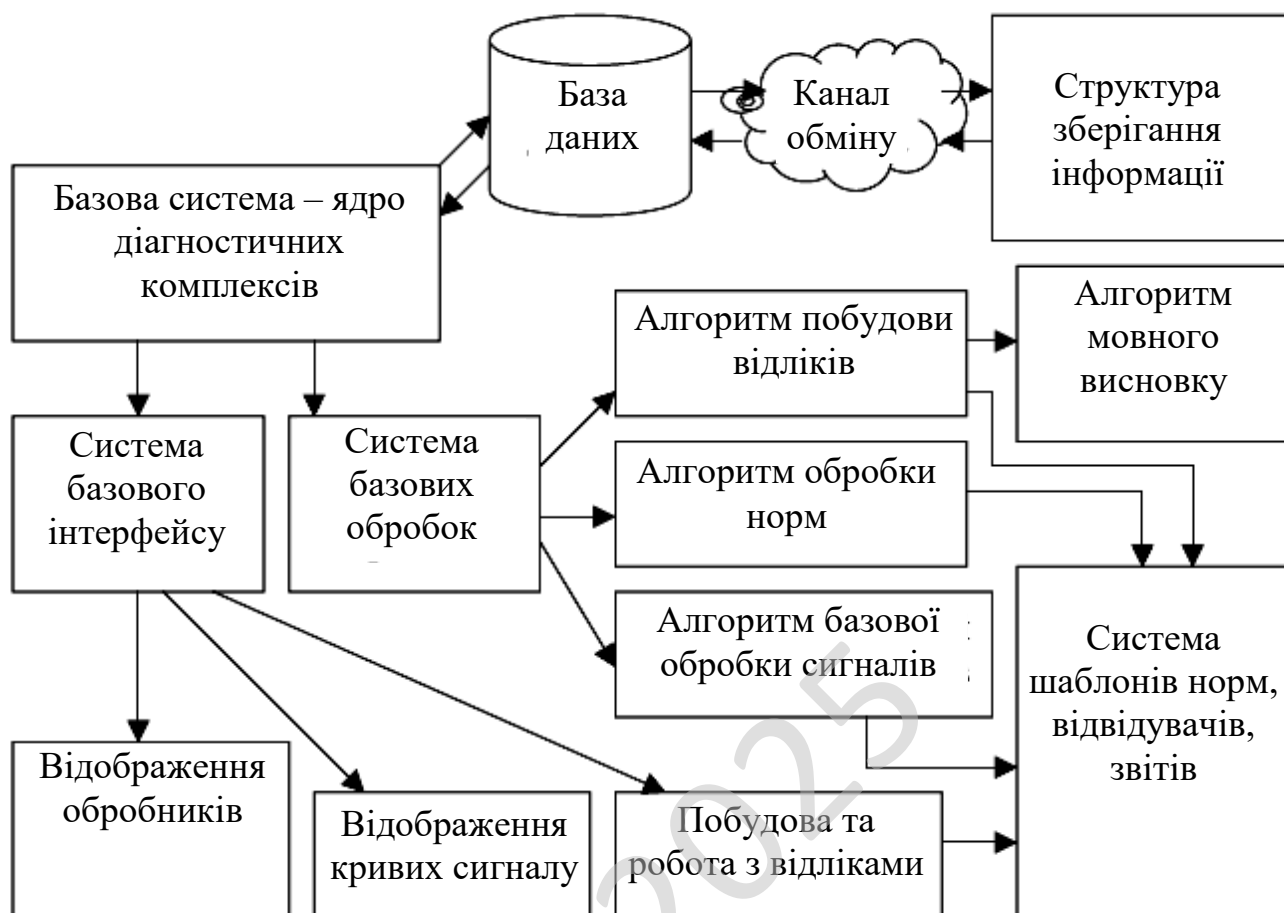


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Завдання розробки пристроїв та обладнання для моніторингу пацієнтів

Як видно з наведеної вище інформації, системи моніторингу пацієнтів справді знаходяться на перетині інформаційних технологій та біомедичних наук.

Розробка пристроїв та обладнання для моніторингу пацієнтів вимагає глибоких знань технології датчиків, систем взаємоз'єднань, проектування пристроїв, розробки програмного забезпечення тощо.

Чи зберуть ваші датчики необхідну інформацію?

Чи може ваше рішення для взаємоз'єднання збирати та передавати дані з необхідною вам швидкістю?

Чи ваше програмне забезпечення точно перетворює ці дані на корисну

інформацію?

Це лише деякі з багатьох точок потенційної несправності, які ви повинні враховувати під час розробки концепції вашого пристрою.

Інновації на ринку моніторингу пацієнтів продовжують покращувати результати лікування пацієнтів у всьому світі.

Розуміння загальних компонентів, що складають систему моніторингу пацієнтів, може допомогти вам краще підійти до процесу розробки з цілісної точки зору.

3.3 Розробка функціональної схеми

У рамках представленої архітектури системні компоненти умовно по своєму функціональному призначенню розділяються на три рівні: рівень даних, функціональної логіки й подання. Кожний із цих компонентів реалізує необхідні для даного рівня інтерфейси доступу до укладеної функціональності й користується надаваними системними сервісами в рамках, доступних для цього рівня. Рівень даних становлять об'єкти, відповідальні за операції вводу/виводу із зовнішніми джерелами даних (наприклад, пристрій реєстрації ЕКГ, монітор артеріального тиску), а також універсальний компонент зберігання гетерогенних, тобто різнорідних, даних, і, так звана, фабрика контейнерів даних – об'єктів, використовуваних для передачі різного роду інформації через інтерфейси компонентів.

Функціональна логіка реалізується набором об'єктів – менеджерів компонент, часто умовно називаних документами, що має методи обробки даних і засобу керування компонентами візуалізації. У свою чергу, об'єкти візуалізації можуть мати методи обробки даних, хоча їхнім безпосереднім завданням є відображення інформації й забезпечення інтерфейсу з користувачем. Завдяки принципу відкритої архітектури й наявності чіткої специфікації, можливі розширення й інтеграція в комплекс нових функціональних модулів, що

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

реалізують нові методики аналізу або надають можливість здійснювати знімання даних на нових пристроях вводу ЕКГ.

Таким чином, структурно програмна система може розглядатися як ієрархічна архітектура окремих елементів, серед яких основними елементами є різноманітні компоненти, що виконують заздалегідь задані функції в рамках наступних підсистем:

- клінічних методів обробки даних, візуалізації й друку БМІ;
- зовнішніх комунікаційних інтерфейсів;
- реєстрації біомедичних даних;
- нагромадження й зберігання БМІ.

Функціональна схема системи представлена на рисунку 3.2.

Компонентно-орієнтована архітектура додатка, побудована на декількох рівнях реалізації, вимагає наявності більш складної процедури первісної активації програмної системи. На відміну від монолітних додатків, дана процедура через наявність безлічі незалежних одиниць, що виконуються, може стати досить складною для реалізації. Для рішення даного завдання в рамках розроблена багаторівнева процедура ініціалізації й динамічного конфігурування окремих підсистем.

Початковою фазою процедури активації є завантаження й ініціалізація основних елементів ПЗ, зокрема, основного додатка, менеджера модулів, що підключаються, без яких нормальне функціонування системи неможливо. Визначення контексту використання дозволяє визначити подальшу процедуру ініціалізації додатка й список використовуваних у даному контексті підсистем. Так, наприклад, у випадку віддаленої активації з додатка Microsoft Word для редагування впровадженого елемента OLE, підсистема реєстрації й телекомунікаційних інтерфейсів не буде ініціалізована. Завершальним етапом ініціалізації системи є завантаження всіх модулів, що підключаються, які автоматично підключаються до системних сервісів, надаваним основним додатком і вже активізованими підсистемами.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Розглянемо більш докладно перераховані вище підсистеми.

Підсистема зовнішніх комунікаційних інтерфейсів

Одним з найбільш важливих елементів інтеграції різнорідних систем реєстрації біомедичних сигналів є виробіток загальних стандартів зберігання й подання біомедичних даних. Це є важливим кроком на шляху здешевлення, універсалізації й підвищення якості біомедичного програмного забезпечення на базі ЕОМ. Однак у рішенні проблем сумісності комп'ютерних електрокардіографів на рівні обміну даними за останні 30 років серйозних змін не відбулося. Великі фірми-виробники ЕКГ-приборів (Siemens, Hewlett Packard, Fukuda, NEC, Oxford, Del Mar і т.д.) розробили свої корпоративні стандарти, які практично всі є закритими, тобто недоступними для застосування в системах інших виробників.

Безсумнівним успіхом процесу стандартизації з'явилася розробка прийнятого медичною промисловістю стандарту DICOM/MEDICOM [5], який служить, в основному, для подання зображень у радіології. Стандартизація систем реєстрації й обробки фізіологічних сигналів, що почалася порівняно недавно й не підкріплена мотивацією великих виробників медичних систем, не змогла виробити єдиний формат. Кількість різноманітних специфікацій досить великий – кожний великий виробник медичного встаткування має у своєму розпорядженні свій власний стандарт. Разом з тим, у цей час існує ряд специфікацій і рекомендацій, прийнятих різними установами по стандартизації, деякі з яких є національними стандартами, тому досить складним завданням є оптимальний вибір між існуючими специфікаціями.

Аналіз кола завдань, розв'язуваних сучасними системами реєстрації й обробки сигналів, дозволяє сформулювати ряд вимог, пропонованих до форматів подання біомедичних даних, найбільш важливими з яких є наступні положення:

– універсальний формат подання даних, що підтримує можливість подання сигналів різного роду: кардіологічні, нейрофізіологічні, респіраторні й одночасне зберігання різнорідних сигналів, записаних з різною частотою дискретизації й розрядності відліків;

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- підтримка різноманітних форм анотування вимірів: текстова, голосова, візуальна;
- забезпечення механізму зберігання другорядних не прив'язаних до оцінок часу даних, наприклад, результати аналізу записів, синдромальні висновки лікаря-фахівця;
- багаторівнева система сумісності, при якій не потрібна реалізація повної функціональності, декларованої в стандарті, для досягнення мінімального рівня інтеграції;
- підтримка фізичних маніпуляцій з даними, з можливістю їхнього здійснення в масштабі реального часу.

Додатковими критеріями, використовуваними при аналізі безлічі існуючих стандартів, є:

- популярність стандарту в медичній промисловості, що оцінюється процентним співвідношенням систем, що підтримують даний формат;
- простота реалізації, що звичайно перебуває у зворотному співвідношенні до обсягу специфікації;
- компактність подання даних, наявність функцій стиску даних.

Існуючі системи специфікацій можна розділити в цілому на два класи. Перший клас становлять спеціальні стандарти, розроблені для вузької предметної області, у яких регламентації піддається сама структура даних. До другої групи варто віднести, так звані, метастандарти, у яких побудована інформаційна модель предметної області, у рамках якої деталізовані моделі кожного предметного об'єкта, визначена система зв'язків компонент предметних об'єктів, розроблені відповідна номенклатура й система кодування [6]. Під номенклатурою розуміється деякий список різноманітних типів даних, у поданні інформаційної моделі – об'єктів, що виникають у процесі медичного документообігу. У рамках таких метастандартів, будь-який формат подання даних є деякою логічною побудовою розробленої метамоделі.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

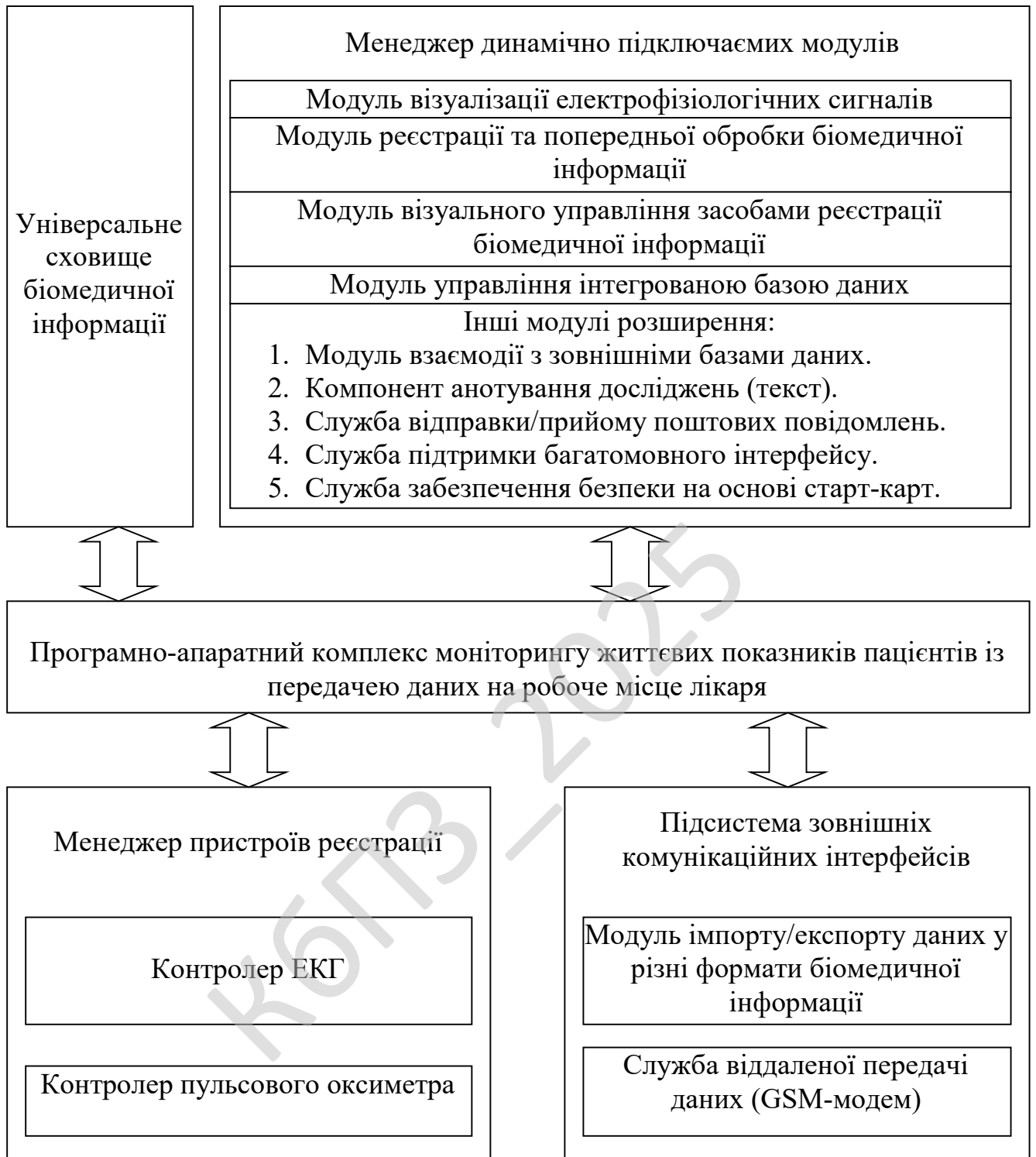


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

- підтримка декількох масштабів відображення даних по осі амплітуди сигналу й часу;
- відображення допоміжної й похідної інформації, наприклад, оцінки міток, подій і т.д.
- підтримка декількох форм відображення даних.

У режимі перегляду БМІ додатковою вимогою є підтримка виміру амплітуд і тимчасових відрізків по двох і більш довільно встановлених точках. Таким чином, модуль візуалізації є компонентом, що обслуговує декілька багатоканальних потоків, причому обсяги переданої інформації через транспортне з'єднання можуть досягати значних розмірів. Так передача стандартної 12-канальної ЕКГ із частотою дискретизації 1 кГц із обліком 4-байтового подання відліків із плаваючою точкою становить порядку 375 кБод, причому кількість відліків, оброблюваних в одну секунду, становить 12000. Так як розв'язна здатність сучасних стандартних засобів візуалізації становить усього порядку 100-200 точок/дюйм, то для ефективного рішення завдань візуалізації важливою проблемою є скорочення кількості відліків, які використовуються для відтворення безперервних сигналів при частотах дискретизації значно переважаюча розв'язна здатність із урахуванням обраного масштабу. Відповідно до вимог американської асоціації кардіологів [3] мінімальними частотами, що рекомендуються, дискретизаціями є 500 Гц, а для методик ЕКГ ВР – більше 1 кГц, тому при відображенні для більшості масштабів є значний ступінь надмірності вхідних даних. Надмірність полягає в тім, що різним відлікам у вихідному сигналі відповідає одна тимчасова позиція на пристрої візуалізації.

Підсистема зберігання й нагромадження біомедичних даних

Найважливішим завданням підсистеми зберігання й нагромадження даних є забезпечення надійного механізму короткострокового й довгострокового збереження біомедичних даних різного роду, а також підтримка ефективного доступу до них. Під короткостроковим збереженням даних розуміється часовий період, що не перевищує однієї сесії роботи програмного додатка.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

ЕКГ записи навіть невеликих довжин займають досить більші обсяги. Найпростіший розрахунок показує, що навіть при реєстрації ЕКГ зі стандартною системою відведень, запис якої становить порядку 1 мінути при частоті дискретизації 1000 Гц і квантування АЦП 16 біт, обсяг даних досягає:

$$W = 12 \cdot 1000 \cdot 16 = 192000 \text{ біт/сек або порядку } 1,4 \text{ МБ/хв.}$$

Тому при зростанні довжин знімання ЕКГ до мінути й більше (наприклад, в електрокардіографії фізичного навантаження й холтеровському моніторингу) виникає гостра необхідність у стиску ЕКГ-сигналу. Такий стиск може стати необхідним і при менших обсягах ЕКГ у випадках, коли необхідне збереження більшої кількості записаних ЕКГ в інтегрованої БД або існує необхідність у передачі ЕКГ за допомогою телефонного або мобільного зв'язку, а також засобами мережі Інтернет.

З іншого боку, при записах ЕКГ великої тривалості існує ймовірність апаратного або програмного збою ЕОМ і втрати вже оброблених даних і, отже, необхідно короткострокове збереження БМІ, що дозволяє відновити загублені дані при необхідності, а також розвантажити оперативну пам'ять ЕОМ від зайвого навантаження. Тому важливість підсистеми нагромадження даних для ЕКГ-систем, побудованих на платформі ЕОМ, що забезпечує можливість стиску біомедичних даних і короткострокового зберігання (буферизації) досить висока.

У БМС сховище забезпечує набувається на величини до декількох мінут буферизацію БМІ в рамках внутрісистемного буфера FIFO. При цьому зберігання даних здійснюється у внутрішнім поданні системи. Короткострокове зберігання даних вимагає ефективної організації самого сховища для забезпечення швидкого доступу до даних у режимі перегляду. Зниження обсягів інформації, що бере участь в обміні між дисковим сховищем і буфером FIFO можливо двома способами:

- зменшення надмірності даних за рахунок скорочення кількості біт для подання одного відліку;
- потокового стиску даних.

Зменшення бітності відліків з 32-х до 16 біт у дозволяє без значних обчислювальних витрат скоротити інтенсивність обміну з дисковим сховищем. Стиск даних на цьому етапі має сенс лише в тому випадку, коли скорочення обсягів переданої інформації дає вигоду у продуктивності. Однак недоліки сучасних методів стиску даних не дозволяють використовувати їх у режимі реального часу й роль, що відводиться їм, скорочується до застосувань у реалізаціях функцій імпорту/експорту в різні файлові формати подання БМІ.

Цифрові записи електрофізіологічних сигналів, у тому числі й ЕКГ, являють собою послідовності звітів, тому звичайні методики компресії даних застосовні й до них. Застосування того або іншого методу стиску БМІ визначається необхідними характеристиками методу (продуктивність, коефіцієнт стиску), а також його властивостями, зокрема, можливістю працювати в потоці, необхідними ресурсами. Твердим вимогам реального часу здатні задовольнити досить вузький клас методів стиску, здатних до роботи в потоці даних [4].

Підсистема запису даних із пристроїв реєстрації електрофізіологічних сигналів і розподілу даних

Сучасні підходи до проектування міжкомпонентної взаємодії в програмних системах передбачають декілька можливих схем, у тому числі мережну модель і модель клієнт/сервер.

Відповідно до сучасних концепцій про механізм взаємодії медичних систем, що здійснюють реєстрацію, обробку й збереження біомедичної інформації [9], модель такої взаємодії, що передбачає можливість динамічного встановлення зв'язку (принцип plug&play), будується за класичною схемою клієнт/сервер. Дана схема є також основою єдиного комунікаційного стандарту МІВ IEEE 1073 взаємодії медичних пристроїв. Розвитком даної парадигми взаємодії об'єктів є модель так званих програмних агентів, які ми можемо визначити, з Вудриджу [7] як апаратну або програмну систему, що володіє рядом властивостей:

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

– автономність – агенти мають здатність самостійно виконувати поставлені завдання або змінювати своє внутрішньо стан без прямого втручання ззовні;

– соціальність – здатність до взаємодії з іншими подібними системами;

– реактивність – властивість агента сприймати своє оточення й відповідати в заданий проміжок часу на його зміну;

– проактивність – можливість приймати ініціативу по виконанню тієї або іншої дії на себе.

Таким чином, парадигма програмних агентів, що найбільше повно погодиться з основними принципами організації підсистеми обслуговування й підтримки пристроїв реєстрації різної електрофізіологічної інформації, може бути ефективно використана для реалізації підсистеми реєстрації даних [7].

Біомедична система, що виступає стосовно додатка менеджера як програмний агент, відповідно до моделі предметної області IEEE 1073 є формальним позначенням для довільної системи, що обслуговує один або декілька біомедичних пристроїв реєстрації БМІ. Програмною частиною, що забезпечує керування й доступ до ресурсів блока управління, є контролер біомедичного пристрою реєстрації сигналів. Комунікаційний протокол будується на основі стандартних мережних рівнів ISO/OSI і підтримується шаром Association Control Service Element (ACSE) [2], що забезпечує логічний зв'язок між взаємодіючими сторонами й рівнем Common Medical Device Information Service Element (CMDISE) [3], що дає доступ до внутрішньої об'єктної інфраструктури додатка-агента, регламентованою інформаційною базою медичних даних (ІБМД) (англ. MDIB) стандарту IEEE 1073. MDIB є формальним описом всіх існуючих у рамках логічних моделей біомедичних систем об'єктів. Дані об'єкти є елементарними моделюємими елементами з «реального миру» такими, як медична система (МС), віртуальний медичний пристрій (ВМП), масив відліків реального часу (МВРВ), масив відліків (МВ), подія.

У цілому, завдання реалізації підсистеми реєстрації й розподіли медичних даних із пристроїв знімання складаються у взаємно однозначному відображенні подань ІБМД.

Найбільш важливим компонентом представленої схеми є ВМП, що служить абстрактним поданням компонента, що обслуговує пристрій реєстрації БМІ, і компонент абстрактного доступу до устаткування, що забезпечує інтеграцію із ВМП. Принципи взаємодії ВМП побудовані на основі парадигми програмних агентів, як концепції яка дозволяє найбільше повно вирішити завдання децентралізованого керування пристроями. У рамках архітектури ВМП має наступні властивості:

- внутрішній стан ВМП однозначно відповідає стану фізичного пристрою, зміни цих станів строго детерміновані;
- ВМП забезпечує функції керування й контролю станів керованого апаратного пристрою;
- ВМП управляє створенням, розподілом масивів відліків реального часу й передачею подій.

Розглянувши усі блоки функціональної схеми перейдемо до розгляду діаграми взаємодії процесів, які відбуваються у системі.

3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма процесів розробленої системи зображена на рисунку 3.3. Після початку роботи розробленого ПЗ ми потрапляємо до головного блоку системи звідки через ланку дій відбувається наступне:

- Інтерфейс ПЗ (головне вікно).
- Моніторинг біомедичної інформації.
- Введення біомедичної інформації.
- БД біомедичної інформації.
- Формування та друк звіту.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- Візуалізація інформації.
- Відображення обробників.
- Відображення кривих сигналу.
- Аналіз інформації.
- Обробка сигналів.
- Журнал роботи ПЗ.

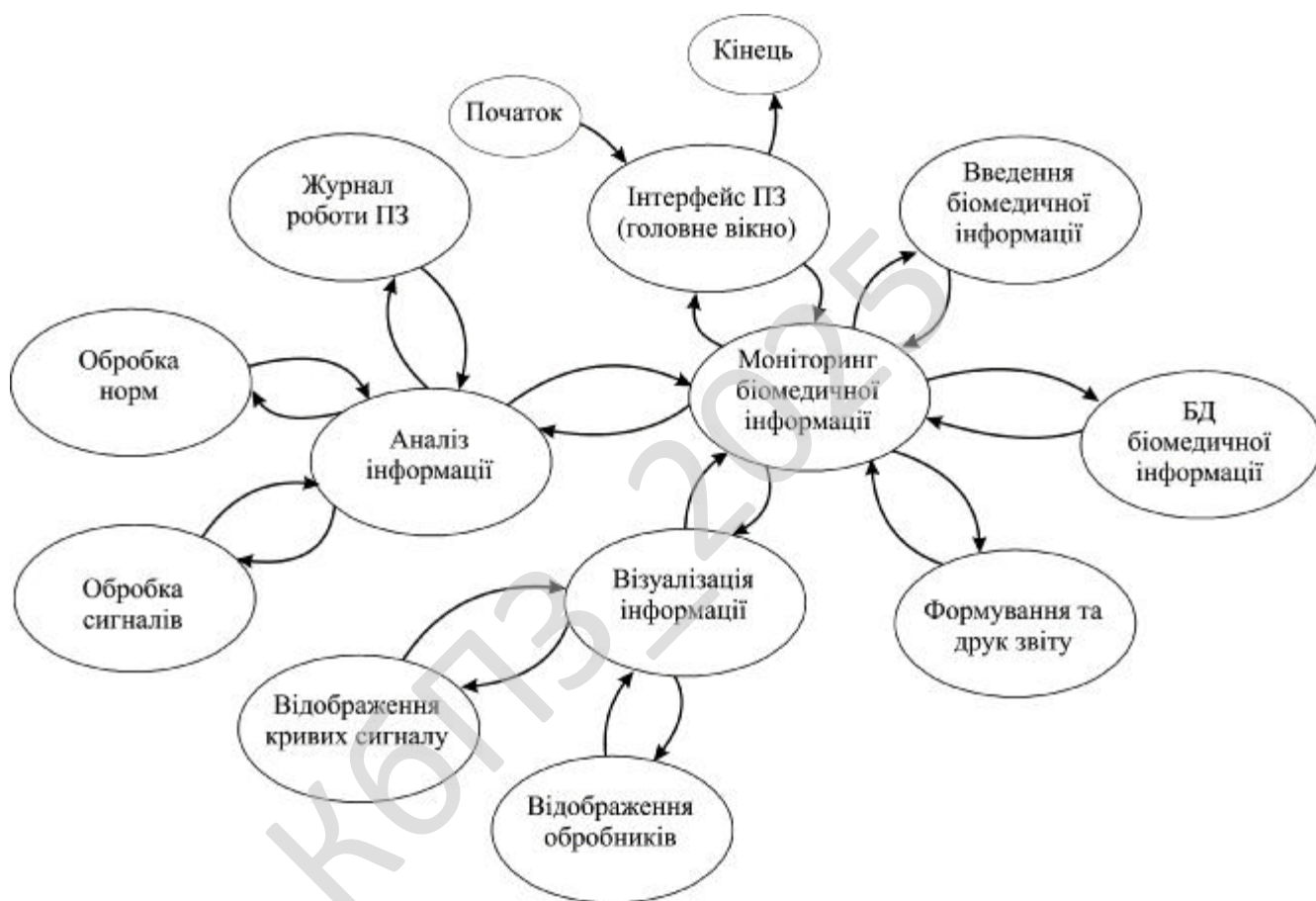


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Таким чином, розглянувши опис системи, структурну, функціональну схеми системи, та діаграму взаємодії процесів перейдемо до опису блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Первинною стадією без якої не відбувається розробка програмного забезпечення це звичайно розробка блок-схем.

На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми, на рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми. З якої видно що робота основної програми складається з початкових етапів ініціалізації ПЗ, перевірки наявності ресурсів системи, блоку початку основного циклу з чеканням запиту від користувача в якому відбувається виклик підпрограми та останньої стадії – перевірка поточного стану з завершенням роботи розробленого ПЗ.

При роботі підпрограми виконується основний функціонал системи з циклічними послідовностями, перевіркою поточного стану та поверненням в основну програму прапорів стану виконання.

Було використано підходи з використанням UML, це уніфікована мова моделювання, використовується у парадигмі об'єктно-орієнтованого програмування. Є невід'ємною частиною уніфікованого процесу розробки програмного забезпечення. UML є мовою широкого профілю, це відкритий стандарт, що використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи, називаної UML-моделлю. UML був створений для визначення, візуалізації, проектування й документування в основному програмних систем. UML не є мовою програмування, але в засобах виконання UML-моделей як інтерпретованого коду можлива кодогенерація. UML може бути застосовано на всіх етапах життєвого циклу аналізу бізнес-систем і розробки прикладних програм. Різні види діаграм які підтримуються UML, і найбагатший набір

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

можливостей представлення певних аспектів системи робить UML універсальним засобом опису як програмних, так і ділових систем.

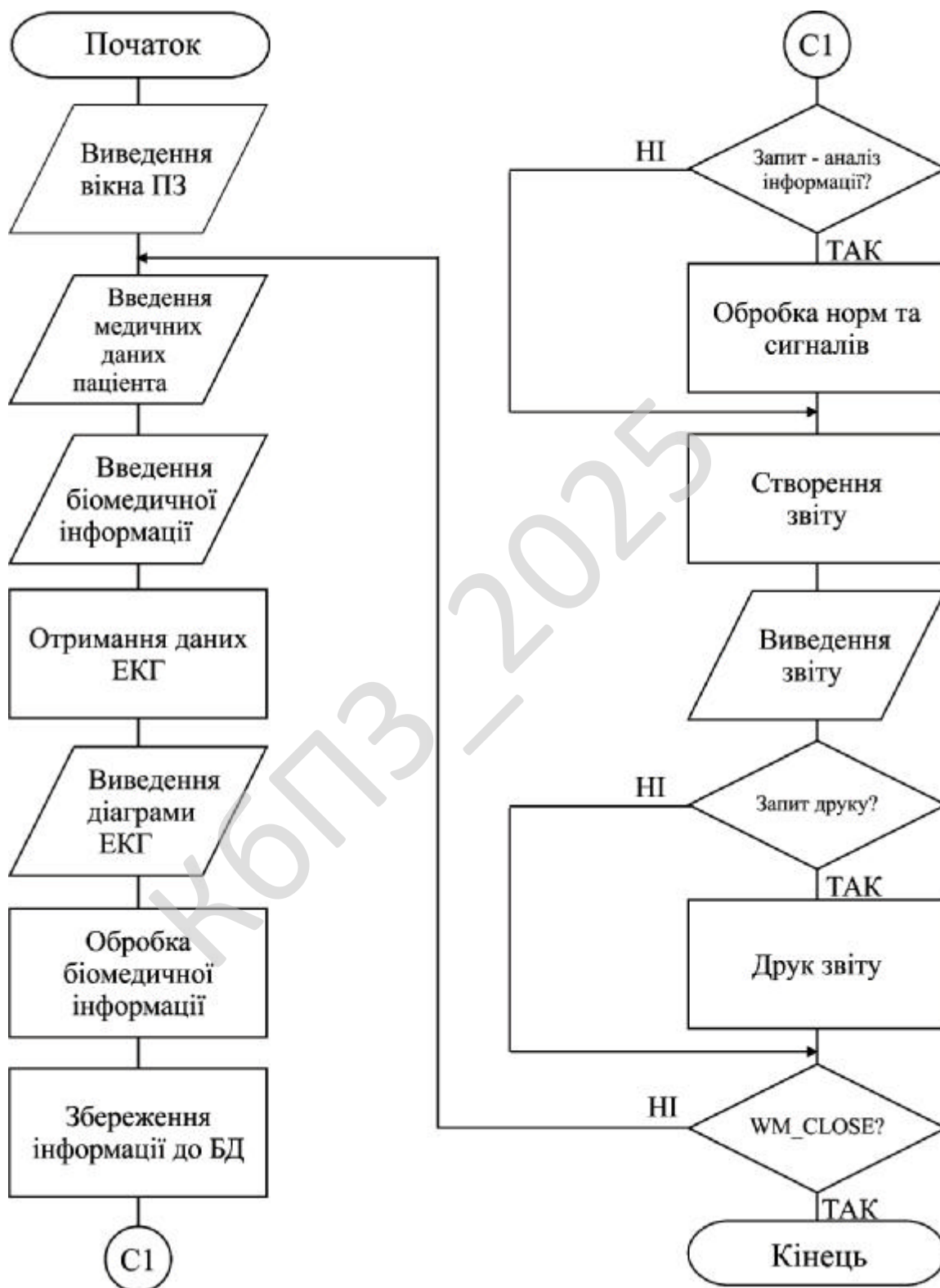


Рисунок 4.1 – Блок схема основної програми



Рисунок 4.2 – Блок схема підпрограми

Система програмно апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів у пояснювальній записці описує повний цикл вимірювання, передавання, зберігання та відображення медичних даних.

Програмна частина на Python працює на сервері медичного закладу та надає сервіс для приймання інформації з набору апаратних модулів біля пацієнта. Лікар на робочому місці отримує агреговану інформацію у вигляді узагальнених показників і переліку сповіщень про відхилення від цільових значень. Архітектура орієнтується на розділення відповідальностей та можливість доповнення новими видами датчиків і протоколів зв'язку.

Апаратна частина комплексу складається з набору фізичних датчиків біля пацієнта, мікроконтролерного вузла або одноплатного компютера, комунікаційного модуля та локальної мережевої інфраструктури. Датчики вимірюють частоту серцевих скорочень, насичення крові киснем, артеріальний тиск, температуру тіла, частоту дихання. Мікроконтролер виконує попередню обробку сигналів, формує пакет вимірювань та надсилає його через мережу у вигляді структурованих повідомлень. У тексті пояснювальної записки апаратна частина описується на рівні інтерфейсів, а програмний код Python моделює логіку приймальної сторони і канал передавання даних.

Програмна частина на Python реалізує декілька логічних модулів. Перший модуль SystemConfig зберігає конфігураційні параметри системи. До таких параметрів належать шлях до бази даних, періодичність зчитування вимірювань, діапазони допустимих значень життєвих показників для формування сповіщень. У пояснювальній записці зазначається, що граничні значення у кодї є прикладом і у реальному впровадженні лікарська група задає їх відповідно до протоколів лікувального закладу. Конфігураційний модуль забезпечує централізоване керування налаштуваннями та спрощує зміну параметрів без модифікації основних алгоритмів.

Другий логічний модуль описує сутності домену у вигляді класів даних. Клас Patient містить ідентифікатор пацієнта, повне ім'я, вік та короткий опис

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

основного діагнозу. Клас VitalSigns описує один набір життєвих показників із полями для часу вимірювання, частоти серцевих скорочень, насичення крові киснем, систолічного та діастолічного тиску, температури тіла, частоти дихання. Клас AlertEvent представляє подію сповіщення з інформацією про пацієнта, час виникнення, ступінь важкості та текстове пояснення. Використання механізму dataclass у Python робить ці структури компактними, а також забезпечує автоматичне створення ініціалізаторів і представлення об'єктів.

Наступний модуль PatientRegistry реалізує простий реєстр пацієнтів у оперативній пам'яті. Реєстр підтримує реєстрацію нового пацієнта, пошук за ідентифікатором та отримання списку усіх пацієнтів. Така структура у програмному коді відповідає логічному довіднику, який у реальному медичному середовищі може інтегруватися з госпітальною інформаційною системою. У пояснювальній записці підкреслюється, що модуль реєстру легко замінюється адаптером до зовнішньої бази даних пацієнтів завдяки чітко визначеним методам інтерфейсу.

Центральне значення у системі має модуль зберігання VitalStorage. Він використовує вбудовану базу даних SQLite та забезпечує створення двох таблиць. Перша таблиця vital_signs містить виміряні показники, друга таблиця alerts містить сповіщення.

У класі VitalStorage застосовується блокування на рівні процесу, що гарантує коректну роботу у багатопотоковому середовищі при одночасному записі даних декількома потоками.

Методи save_vital_signs та save_alert виконують вставку відповідних записів, а методи get_latest_vitals та get_alerts_for_patient забезпечують вибірку останніх вимірювань і актуальних сповіщень для заданого пацієнта. Такий підхід дозволяє лікареві бачити не тільки поточний стан, а й коротку історію небезпечних епізодів.

```
# Головний модуль програмного комплексу моніторингу життєвих показників
import threading
import time
import random
import queue
```

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

```

import sqlite3
from dataclasses import dataclass, field
from typing import List, Dict, Optional

# Опис налаштувань системи моніторингу
@dataclass
class SystemConfig:
    db_path: str = "vitals.db"
    measurement_interval_seconds: float = 1.0
    alert_heart_rate_min: int = 40
    alert_heart_rate_max: int = 120
    alert_spo2_min: int = 92
    alert_temperature_min: float = 35.0
    alert_temperature_max: float = 38.0
    alert_systolic_max: int = 160
    alert_diastolic_max: int = 100

# Опис пацієнта
@dataclass
class Patient:
    patient_id: str
    full_name: str
    age: int
    diagnosis: str

# Опис вимірних життєвих показників
@dataclass
class VitalSigns:
    patient_id: str
    timestamp: float
    heart_rate: int
    spo2: int
    systolic: int
    diastolic: int
    temperature: float
    respiration_rate: int

# Опис події сповіщення
@dataclass
class AlertEvent:
    patient_id: str
    timestamp: float
    severity: str
    message: str
    parameters: Dict[str, float] = field(default_factory=dict)

# Реєстр пацієнтів
class PatientRegistry:
    def __init__(self) -> None:
        self._patients: Dict[str, Patient] = {}

    def register_patient(self, patient: Patient) -> None:
        self._patients[patient.patient_id] = patient

    def get_patient(self, patient_id: str) -> Optional[Patient]:
        return self._patients.get(patient_id)
    def list_patients(self) -> List[Patient]:
        return list(self._patients.values())

# Сховище даних на основі SQLite
class VitalStorage:
    def __init__(self, config: SystemConfig) -> None:
        self._config = config

```

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

```

        self._connection = sqlite3.connect(self._config.db_path,
check_same_thread=False)
        self._lock = threading.Lock()
        self._create_tables()
def _create_tables(self) -> None:
    with self._lock:
        cursor = self._connection.cursor()
        cursor.execute(
            """
            CREATE TABLE IF NOT EXISTS vital_signs (
                id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,
                patient_id TEXT NOT NULL,
                timestamp REAL NOT NULL,
                heart_rate INTEGER NOT NULL,
                spo2 INTEGER NOT NULL,
                systolic INTEGER NOT NULL,
                diastolic INTEGER NOT NULL,
                temperature REAL NOT NULL,
                respiration_rate INTEGER NOT NULL
            )
            """
        )
        cursor.execute(
            """
            CREATE TABLE IF NOT EXISTS alerts (
                id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,
                patient_id TEXT NOT NULL,
                timestamp REAL NOT NULL,
                severity TEXT NOT NULL,
                message TEXT NOT NULL
            )
            """
        )
        self._connection.commit()
def save_vital_signs(self, vitals: VitalSigns) -> None:
    with self._lock:
        cursor = self._connection.cursor()
        cursor.execute(
            """
            INSERT INTO vital_signs (
                patient_id,
                timestamp,
                heart_rate,
                spo2,
                systolic,
                diastolic,
                temperature,
                respiration_rate
            ) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)
            """,
            (
                vitals.patient_id,
                vitals.timestamp,
                vitals.heart_rate,
                vitals.spo2,
                vitals.systolic,
                vitals.diastolic,
                vitals.temperature,
                vitals.respiration_rate,
            ),
        )
        self._connection.commit()

```

```

def save_alert(self, alert: AlertEvent) -> None:
    with self._lock:
        cursor = self._connection.cursor()
        cursor.execute(
            """
            INSERT INTO alerts (
                patient_id,
                timestamp,
                severity,
                message
            ) VALUES (?, ?, ?, ?)
            """,
            (
                alert.patient_id,
                alert.timestamp,
                alert.severity,
                alert.message,
            ),
        )
        self._connection.commit()

def get_latest_vitals(self, patient_id: str) -> Optional[VitalSigns]:
    with self._lock:
        cursor = self._connection.cursor()
        cursor.execute(
            """
            SELECT patient_id, timestamp, heart_rate, spo2, systolic,
diastolic,
                temperature, respiration_rate
            FROM vital_signs
            WHERE patient_id = ?
            ORDER BY timestamp DESC
            LIMIT 1
            """,
            (patient_id,),
        )
        row = cursor.fetchone()
        if not row:
            return None
        return VitalSigns(
            patient_id=row[0],
            timestamp=row[1],
            heart_rate=row[2],
            spo2=row[3],
            systolic=row[4],
            diastolic=row[5],
            temperature=row[6],
            respiration_rate=row[7],
        )

def get_alerts_for_patient(self, patient_id: str, limit: int = 50) ->
List[AlertEvent]:
    with self._lock:
        cursor = self._connection.cursor()
        cursor.execute(
            """
            SELECT patient_id, timestamp, severity, message
            FROM alerts
            WHERE patient_id = ?
            ORDER BY timestamp DESC
            LIMIT ?
            """,
            (patient_id, limit),
        )

```

						БКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			50

```

    )
    rows = cursor.fetchall()
    alerts: List[AlertEvent] = []
    for row in rows:
        alerts.append(
            AlertEvent(
                patient_id=row[0],
                timestamp=row[1],
                severity=row[2],
                message=row[3],
            )
        )
    return alerts

# Модуль правил сповіщень
class AlertEngine:
    def __init__(self, config: SystemConfig, storage: VitalStorage) -> None:
        self._config = config
        self._storage = storage

    def evaluate(self, vitals: VitalSigns) -> List[AlertEvent]:
        alerts: List[AlertEvent] = []
        now_ts = vitals.timestamp
        if vitals.heart_rate < self._config.alert_heart_rate_min:
            alerts.append(
                AlertEvent(
                    patient_id=vitals.patient_id,
                    timestamp=now_ts,
                    severity="high",
                    message="Частота серцевих скорочень нижче припустимого
діапазону",
                    parameters={"heart_rate": vitals.heart_rate},
                )
            )
        if vitals.heart_rate > self._config.alert_heart_rate_max:
            alerts.append(
                AlertEvent(
                    patient_id=vitals.patient_id,
                    timestamp=now_ts,
                    severity="high",
                    message="Частота серцевих скорочень вище припустимого
діапазону",
                    parameters={"heart_rate": vitals.heart_rate},
                )
            )
        if vitals.spo2 < self._config.alert_spo2_min:
            alerts.append(
                AlertEvent(
                    patient_id=vitals.patient_id,
                    timestamp=now_ts,
                    severity="high",
                    message="Насичення крові киснем нижче цільового рівня",
                    parameters={"spo2": vitals.spo2},
                )
            )
        if vitals.temperature < self._config.alert_temperature_min:
            alerts.append(
                AlertEvent(
                    patient_id=vitals.patient_id,
                    timestamp=now_ts,
                    severity="medium",
                    message="Температура тіла нижче очікуваного діапазону",
                    parameters={"temperature": vitals.temperature},
                )
            )

```

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

    )
)
if vitals.temperature > self._config.alert_temperature_max:
    alerts.append(
        AlertEvent(
            patient_id=vitals.patient_id,
            timestamp=now_ts,
            severity="medium",
            message="Температура тіла вище очікуваного діапазону",
            parameters={"temperature": vitals.temperature},
        )
    )
if vitals.systolic > self._config.alert_systolic_max:
    alerts.append(
        AlertEvent(
            patient_id=vitals.patient_id,
            timestamp=now_ts,
            severity="medium",
            message="Систолічний тиск вище контрольного значення",
            parameters={"systolic": vitals.systolic},
        )
    )
if vitals.diastolic > self._config.alert_diastolic_max:
    alerts.append(
        AlertEvent(
            patient_id=vitals.patient_id,
            timestamp=now_ts,
            severity="medium",
            message="Діастолічний тиск вище контрольного значення",
            parameters={"diastolic": vitals.diastolic},
        )
    )
for alert in alerts:
    self._storage.save_alert(alert)
return alerts

# Черга для передачі вимірювань
class MeasurementChannel:
    def __init__(self) -> None:
        self._queue: "queue.Queue[VitalSigns]" = queue.Queue()

    def send(self, vitals: VitalSigns) -> None:
        self._queue.put(vitals)

    def receive(self, timeout: Optional[float] = None) -> Optional[VitalSigns]:
        try:
            return self._queue.get(timeout=timeout)
        except queue.Empty:
            return None

# Модуль імітації датчиків на стороні пацієнта
class SensorDeviceSimulator(threading.Thread):
    def __init__(
        self,
        patient_id: str,
        config: SystemConfig,
        channel: MeasurementChannel,
        stop_event: threading.Event,
    ) -> None:
        super().__init__(daemon=True)
        self._patient_id = patient_id
        self._config = config
        self._channel = channel

```

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

```

self._stop_event = stop_event

def run(self) -> None:
    while not self._stop_event.is_set():
        timestamp = time.time()
        heart_rate = random.randint(55, 95)
        spo2 = random.randint(94, 99)
        systolic = random.randint(110, 135)
        diastolic = random.randint(70, 85)
        temperature = round(random.uniform(36.4, 37.3), 1)
        respiration_rate = random.randint(12, 18)
        if random.random() < 0.03:
            heart_rate = random.randint(130, 160)
        vitals = VitalSigns(
            patient_id=self._patient_id,
            timestamp=timestamp,
            heart_rate=heart_rate,
            spo2=spo2,
            systolic=systolic,
            diastolic=diastolic,
            temperature=temperature,
            respiration_rate=respiration_rate,
        )
        self._channel.send(vitals)
        time.sleep(self._config.measurement_interval_seconds)

```

Для автоматичного формування сповіщень використовується модуль AlertEngine. Цей модуль отримує об'єкт VitalSigns та послідовно перевіряє кожен показник на відповідність конфігураційним порогам. Якщо частота серцевих скорочень виходить за межі діапазону, насичення крові киснем знижується нижче цільового рівня, температура тіла перевищує допустиме значення або артеріальний тиск стає занадто високим, формується об'єкт AlertEvent. Кожне сповіщення зберігається через VitalStorage та може відобразитися на робочому місці лікаря. У пояснювальній записці наголошується, що описані пороги є прикладом, а рішення щодо клінічно коректних меж приймає медичний персонал.

При реалізації програмного забезпечення були розглянуті ряд стандартів подання біомедичних даних, оцінені їхні якості на основі оцінки відповідності представленим вимогам з метою визначення необхідності їхньої підтримки.

Самим раннім зі стандартів, що ставляться до першого класу, є специфікація EDF (European Data Format), поява якого відноситься до 1991 року. Перша специфікація, розроблена групою інженерів, що працюють у галузі розробки біомедичних систем, незважаючи на відсутність підтримки з боку якого-небудь інституту стандартизації, залучила значний інтерес із боку розроблювачів систем.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

EDF швидко завоював відносну популярність, в основному, в області нейрофізіології, завдяки, насамперед, простоті реалізації. Іншим важливим прикладом ефективного використання даного формату є можливість його застосування в реферативних базах даних біомедичних сигналів.

Структура формату представлена на рисунку 4.3. Файл даних має деякий ASCII-заголовок, у якому втримуються основні дані про пацієнта, умови знімання й довжину сигналів.

Додатково, для кожного із сигналів створюється відповідний заголовок, у якому втримується інформація про тип сигналу і його фізичних характеристик.

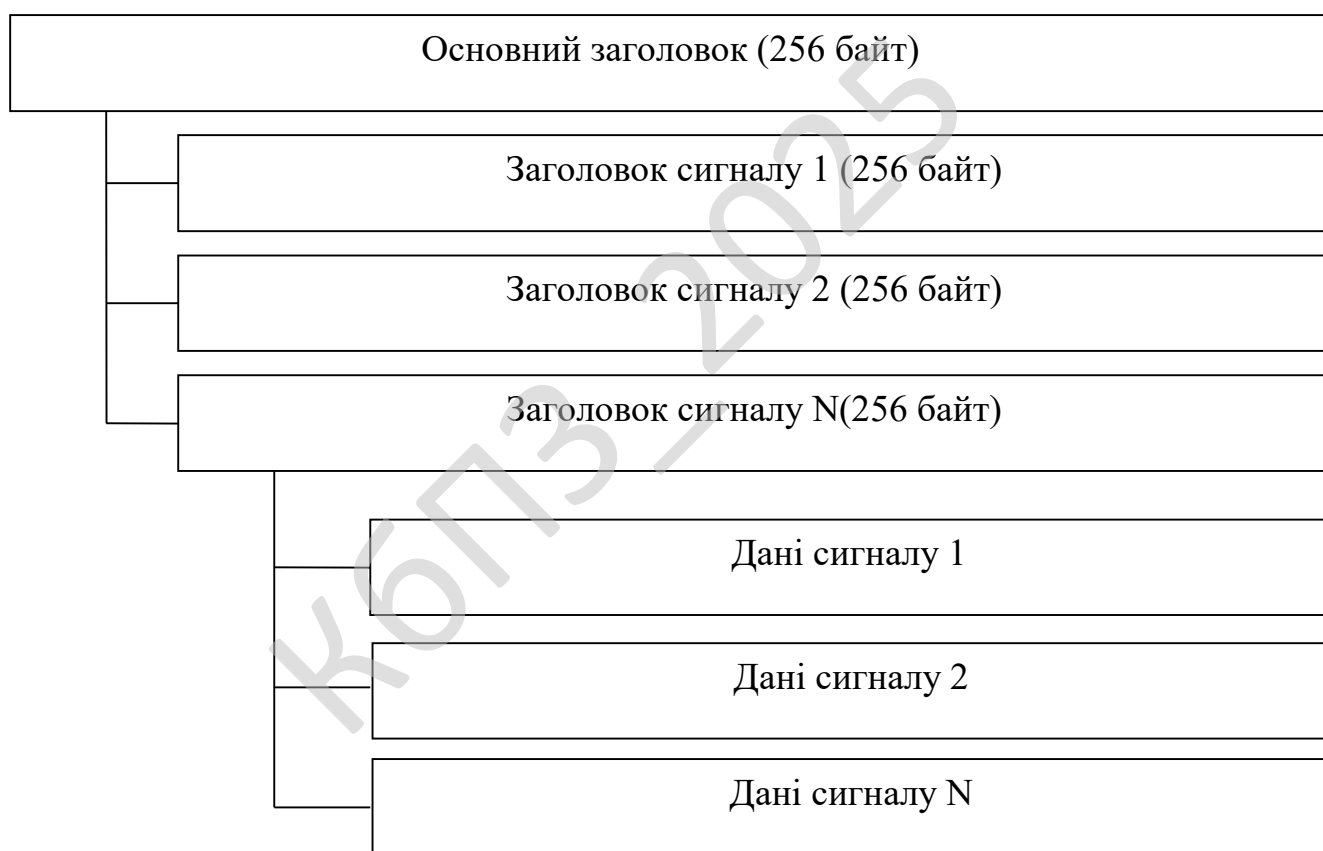


Рисунок 4.3 – Структура формату EDF

Єдиним стандартом подання нейрофізіологічних сигналів, офіційно підтримуваним організацією по стандартизації, є специфікація ASTM 1467,

розроблена відповідно до методології створення повідомлень стандарту обміну медичними записами Health Level-7.

Відповідно до основної специфікації забезпечується підтримка подання основних електрофізіологічних сигналів, а також ЕКГ.

У доповненні до формату багатоканальних записів, стандарт визначає безліч допоміжних елементів: ідентифікаторів каналів, параметрів настроювання фільтрів, каліброваних даних, характеристик електродів, різних форм анотування й інших параметрів.

Для подання цих параметрів ASTM-1467 визначає безліч типів даних, що представляються у вигляді ASCII-символів. Стандартом, орієнтованим, в основному, на завдання електрокардіографії, став формат даних ENV1064 [8], вироблений Європейським Інститутом Стандартизації (CEN), широко відомий серед розроблювачів електрокардіографів за назвою SCP-ECG (Standard Communication Protocol for ECG) [8].

Будучи офіційним стандартом і одержавши підтримку органів стандартизації, SCP-ECG швидко завоював популярність серед виробників кардіологічної техніки. ENV1064 установлює єдиний протокол передачі ЕКГ-даних як між цифровим електрокардіографом і комп'ютеризованою системою керування, так і між комп'ютерними системами різних виробників. Стандарт SCP-ECG не накладає обмежень на фізичний рівень протоколу, а лише визначає мінімально необхідні вимоги для його підтримки.

Він же регламентує деякі угоди по передачі інших даних: відомостей про пацієнта, результатів аналізу ЕКГ, умовах проведення вимірів і т.д.

Документ ENV1064 розбиває логічну послідовність ЕКГ даних (запис) на секції й описує зміст і формат подання кожної секції. Початок кожної секції перебуває по парній адресі (зсуву від 0). Тобто всі секції містять парна кількість байт – при необхідності секція доповнюється нульовим байтом. Всі секції мають ідентифікаційні номери (ID). Номери від 0 до 11 описані в SCP-ECG протоколі (таблиця 4.1), номери від 12 до 127 і номери більше 1024 включно зарезервовані для майбутнього використання. Номери від 128 до 1023 призначені для специфічних секцій виробників ЕКГ-пристроїв.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 4.1 – Структура формату запису SCP-ECG

Наявність	Зміст
Обов'язково	2 байти Контрольна сума CRC16 всіх секцій і розміру всього запису
Обов'язково	4 байти Розмір всього запису в байтах
Обов'язково	Секція 0 Список покажчиків на початок кожної наступної секції
Обов'язково	Секція 1 Дані про пацієнта (ім'я, ідентифікатор, стать, дата народження й т.д.); дані про обстеження (дата, час, умови й т.д.)
Необов'язково	Секція 2 Всі таблиці Хафмена(при кодуванні по Хафмену) для розпакування вихідного сигналу (Секція 6) або репрезентативного комплексу (Секція 5) і різницевого сигналу (Секція 6) у режимі "високої компресії"
Необов'язково	Секція 3 Перерахування відведень, переданих у поточному записі, а також загальної інформації про їхнє кодування
Наявність	Зміст
Необов'язково	Секція 4 Розташування QRS-комплексів (тільки в режимі "високої компресії")
Необов'язково	Секція 5 Для кожного відведення репрезентативний комплекс
Необов'язково	Секція 6 Для кожного відведення вихідний сигнал або, при використанні медіанного кодування, різницевий сигнал, отриманий шляхом вирахування репрезентативного комплексу з вихідного сигналу
Необов'язково	Секція 7 Загальні для всіх відведень виміру кожного комплексу в записі (тривалості, кути повороту електричних осей і т.д.) і список артефактів від штучного водія ритму.
Необов'язково	Секція 8 Текстовий діагноз від "інтерпретуючого" пристрою
Необов'язково	Секція 9 Діагностичні дані, специфічні для виробника
Необов'язково	Секція 10 Виміри, зроблені для кожного відведення окремо (амплітуди, тривалості й т.д.)
Необов'язково	Секція 11 Уніфікований закодований висновок

Під репрезентативним комплексом розуміється усереднений або найбільш типовий із всіх знайдених комплексів у всьому записі ЕКГ. Разом з желудочковим QRS комплексом у репрезентативному комплексі присутній зубець Р (крім випадку фібриляції передсердь) сегмент S-T і зубець Т.

У секціях 5 і 6 при кодуванні цифрових сигналів допускається подання їх у вигляді оригінальних відрахунків, першого або другого диференціала.

У секції 11 використовується система стандартних кодувань для одержання уніфікованого висновку. На відміну від цього в секції 8 необхідно зберігати висновок у текстовому виді. Секція 9 призначена для запису унікальних діагностичних даних, не специфікованих в описуваному стандарті. Якщо кожна із секцій 8, 9 або 11 є присутнім, то не передбачається, що всі три секції присутні.

Секції з 2 по 11 опціональні. Будь-яка SCP-ECG запис повинна в обов'язковому порядку містити тільки технологічну секцію 0 (список показчиків на початок кожної наступної секції) і секцію 1 (дані про пацієнта; дані про обстеження). Передбачається наявність у записі й інших секціях, але перевірка їхньої присутності не відбувається.

Таким чином, стандарт SCP-ECG є жорстко орієнтованим на завдання комп'ютерної електрокардіографії і його використання для подання довільних електрофізіологічних сигналів є тяжким.

Специфікація формату CEN-TC251/FEF [8] для біомедичних сигналів опирається на об'єктно-орієнтовану модель і розширену номенклатуру стандарту ENV 13734 [83]. Номенклатура є переліком різноманітних елементів, що представляють собою певні типи медичних даних, кожний з яких однозначно визначається деяким тегом, унікальним у своєму контексті.

Кожний такий елемент отриманий на підставі моделювання предметної області, у цьому випадку біомедичних систем реєстрації й обробки даних. Елементи, маючи набір атрибутів і відповідних бінарних подань, становлять інформаційну базу медичних даних (ІБМД)⁷. Файл у форматі FEF являє собою послідовність секцій, кожна з яких визначається своїм тегом і містить об'єктні

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

елементи, кодування яких здійснюється у відповідності зі специфікацією ENV 13734.

Основні порівняльні характеристики представлених форматів зведені в таблиці 4.2. Крім розглянутих форматів у даний момент доступно ряд інших специфікацій, однак вони не мають широкого поширення й підтримуються вузькими групами фахівців [4,5].

Таким чином, аналіз різнорідних стандартів показав, що має сенс підтримка стандарту SCP-ECG, як найбільш підготовленого для застосування в електрокардіографії й EDF, через його простоту й наявність великої кількості даних (наприклад, записів медичних баз даних), представлених у даному форматі.

Стандарт CEN-TC251/FEF вважається досить перспективним, тому що містить у собі можливості подання будь-яких даних, представлених в ІБМД, що покриває фактичні потреби ЕКГ, ЕЕГ, МEG і супутніх електрофізіологічних досліджень.

Однак стримуючим фактором застосування стандарту CEN-TC251/FEF є складність реалізації, а також мала поширеність. Передбачається, що дана проблема буде дозволена, як тільки з'являться реалізації стандарту у вигляді бібліотек, що вбудовуються. Таким чином, обсяг підтримуваних форматів для розробленого програмного забезпечення був визначений, як EDF, SCP-ECG, а також власного формату подання даних.

Розглянутий механізм інтеграції систем на основі єдиних форматів файлів подання біомедичних сигналів дозволяє в багатьох випадку вирішити проблему несумісності систем. Однак даний підхід не може повною мірою вирішити проблему plug-and-play взаємодії систем, оскільки не забезпечує підтримки динамічного інтерфейсу й тим більше режиму реального часу.

Поставлене завдання здатний вирішити тільки єдиний стандарт взаємодії пристроїв і інформаційних систем.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Таблиця 4.2 – Зведена таблиця характеристик основних стандартів подання електрофізіологічних сигналів

Характеристики	Стандарти			
	EDF	ASTM-1467	SCP-ECG	CEN-TC251/FEF
Підтримка сигналів різної природи	Будь-які еквідистантні сигнали	Нейрофізіологічні і виміру	Специфічний для ЕКГ	Відповідно до номенклатури і БМД
Формат кодування даних/можливість стиску даних	ASCII кодування для параметричних даних і бінарна для сигналів/немає	ASCII кодування/немає	Бінарна TLV-кодування/да	Бінарна TLV-кодування/да
Форми анотування	Текстова	Текстова	Текстова	Текстова Голосова Візуальна
Система сумісності	Однорівнева	Багаторівнева	Багаторівнева	Багаторівнева
Кількість реалізацій	Досить велико	Комерційно доступні реалізації не відомі	Досить велико	Комерційно доступні реалізації рідкі
Складність реалізації	Низька	Відносно висока	Середня	Висока

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту розробленого програмного забезпечення запропоновано використовувати алгоритм ММВ, в основі якого лежить змішування операцій різних алгебраїчних груп. ММВ – ітеративний алгоритм, що складається з лінійних дій (XOR і використання ключа) і паралельного застосування чотирьох великих оборотних нелінійних підстановок. Ці підстановки визначаються за допомогою множення по модулю $2^{32}-1$ з постійними множниками. У підсумку з'являється алгоритм, що використовує 128-бітовий ключ і 128-бітовий блок.

Алгоритм ММВ оперує 32-бітовими підблоками тексту (x_0, x_1, x_2, x_3) і 32-бітовими підблоками ключу (k_0, k_1, k_2, k_3) . Це спрощує реалізацію алгоритму на сучасних 64-бітових процесорах. Чергуючись із операцією XOR, шість разів використовується нелінійна функція f . Запишемо операції алгоритму (всі операції з індексами виконуються по модулю 4):

$$x_i = x_i \oplus k_i \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_{i+1} \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_{i+2} \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_i \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_{i+1} \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_{i+2} \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

Функція f виконується в три кроки:

1. $x_i = c_i * x_i$ для $i = 0..3$ (Якщо на вході множення одні одиниці, то на виході – теж одні одиниці).

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

2. Якщо молодший значущий біт $x_0 = 1$, то $x_0 = x_0 \oplus C$. Якщо молодший значущий байт $x_3 = 0$, то $x_3 = x_3 \oplus C$.

3. $x_i = x_{i-1} \oplus x_i \oplus x_{i+1}$ для $i = 0..3$.

Всі операції з індексами виконуються по модулю 4. Операція множення на кроці 1 виконується по модулі $2^{32}-1$. Спеціальний випадок для даного алгоритму: якщо другий операнд дорівнює $2^{32}-1$, результат теж дорівнює $2^{32}-1$. В алгоритмі використовуються наступні константи:

$$C = 2\text{aaaaaaa}, c_0 = 025\text{f1cdb}, c_1 = 2 * c_0, c_2 = 2^3 * c_0, c_3 = 2^7 * c_0.$$

Константа C – «найпростіша» константа без кругової симетрії, високою трійковою вагою й нульовим молодшим значущим бітом. У константи c_0 є інші особливі характеристики. Константи c_1 , c_2 і c_3 – зрушені версії c_0 , і служать для запобігання атак, заснованих на симетрії.

Розшифрування виконується у зворотному порядку, Етапи 2 і 3 інверсні їм самим. На етапі 1 замість c_i використовується c_i^{-1} . Значення $c_0^{-1} = 0\text{dad4694}$.

КБПЗ-2025

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Розглянемо розроблене ПЗ яке зображено на рисунку 5.1. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні розділи:

- Меню з розділами: Файл; Пацієнти; ЕКГ; Параметри; Довідка.
- Налаштування візуального представлення ЕКГ.
- Візуалізація ЕКГ.

Основні можливості розробленої системи: Здійснення процесу знімання ЕКГ; Візуалізація ЕКГ. При цьому можна включити або виключити міліметровку, настроїти різні параметри відображення; Роздруківка кривих (і при, необхідності, міліметровки) на принтері.

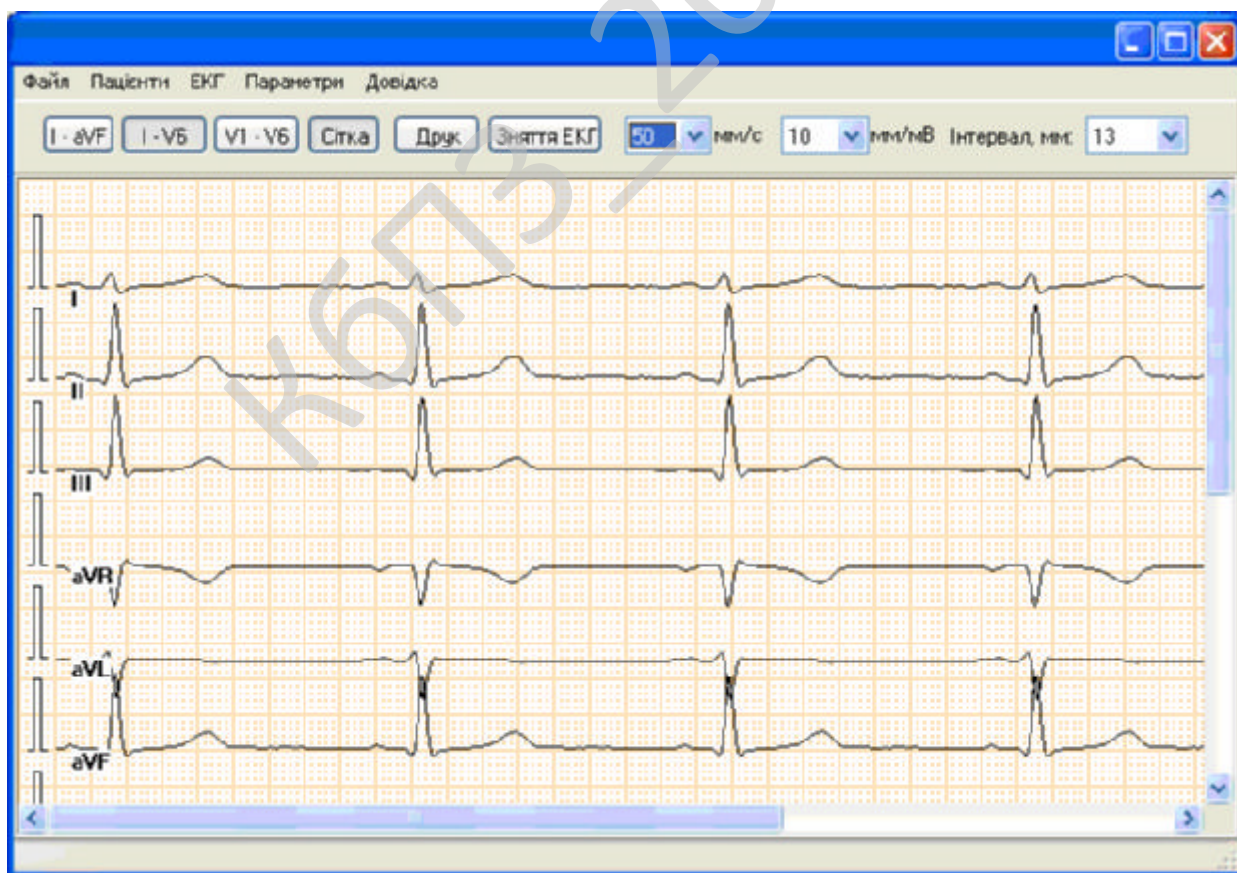


Рисунок 5.1 – Головне вікно програми

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

Обрано умови розповсюдження – commercial software. Програмне забезпечення, створене комерційною організацією з метою отримання прибутку від його використання іншими, наприклад, шляхом продажу копій.

Найважливішою особливістю комерційних програмних продуктів є підтримка великих компаній, прямо зацікавлених у поширенні програм.

Окремий вид комерційних програм, коли їх розробка оплачується безпосередньо замовником.

Такі програми найчастіше позбавлені всіх переваг комерційних продуктів, оскільки мають обмежений бюджет, але більш адаптовані до вимог замовника, ніж аналоги.

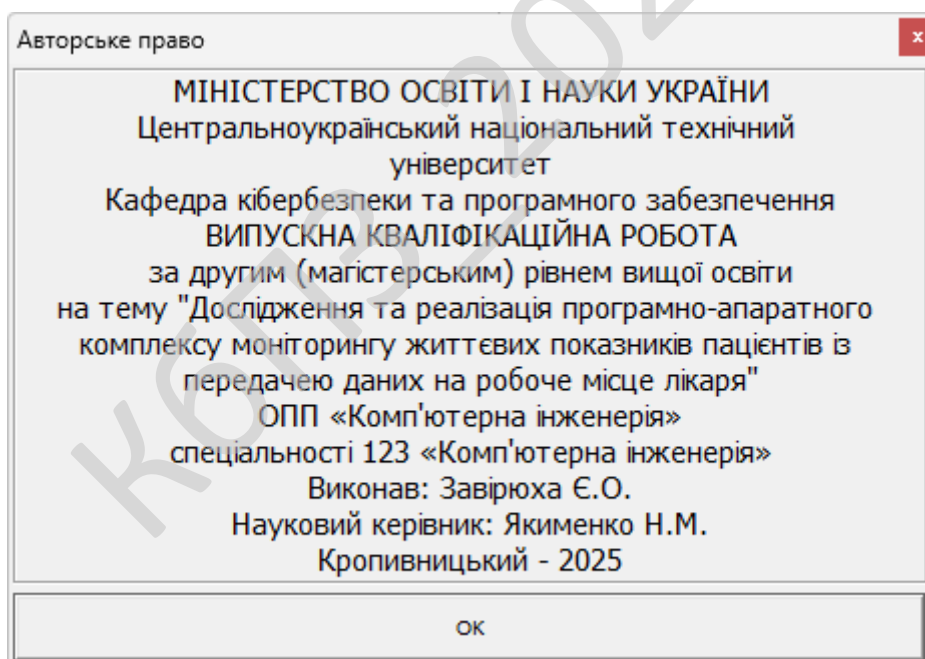


Рисунок 5.2 – Авторське право

6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Метою розробки є дослідження та реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Предметом дослідження є методи моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Методи дослідження базуються на методах теорії обробки інформації, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

– Удосконалено метод моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

– Розроблено вітчизняний продукт моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

					VKPM-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ

7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту

Результати розробки системи моніторингу життєвих показників із передачею даних безпосередньо лікарю можуть бути надзвичайно корисними для медичних закладів різного рівня – від обласних лікарень до приватних клінік. Для них це можливість забезпечити постійний контроль за станом пацієнтів без необхідності присутності лікаря біля ліжка кожного хворого. Така система особливо актуальна для відділень інтенсивної терапії, кардіології чи післяопераційних палат, де навіть кілька хвилин затримки у виявленні відхилень можуть коштувати життя.

Водночас система буде цікава органам охорони здоров'я, які займаються модернізацією медичних послуг і впровадженням цифрових технологій у галузі. Вона може стати складовою національної стратегії eHealth, оскільки передбачає збір медичних даних у режимі реального часу, їх централізоване збереження й аналітику. Це відкриває нові можливості для управлінських рішень, статистики захворювань і навіть прогнозування епідеміологічних ризиків.

Крім того, подібні системи можуть зацікавити розробників медичних технологій, університети, що проводять дослідження у сфері біомедичних пристроїв, та компанії, які займаються виробництвом датчиків або телемедичних рішень. Для них результати дослідження – це не просто теоретична база, а практична модель, яку можна масштабувати або інтегрувати з іншими медичними платформами.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок

Щоб оцінити привабливість цього проєкту, доцільно залучити експертів із різних сфер – лікарів-практиків, інженерів-біомедиків, IT-фахівців і економістів. Вони можуть оцінити проєкт за п'ятьма основними критеріями: медична ефективність, технологічна новизна, економічна доцільність, масштабованість і безпечність. Наприклад, кожен експерт виставляє бали від 1 до 10, після чого підраховується середній результат.

Припустимо, що система отримала оцінку 9 балів за технологічність, 10 за медичну ефективність, 8 за економічну вигоду, 9 за масштабованість і 8 за безпечність. Середній показник 8,8 свідчить про високу привабливість рішення для впровадження. Такий підхід дозволяє врахувати думки спеціалістів із різних галузей і сформувати об'єктивну картину перспективності розробки.

Також результати експертної оцінки можна використати для подання проєкту на державні гранти, участі в міжнародних програмах чи пошуку інвесторів, які цікавляться цифровими медичними технологіями. Це не просто формальний аналіз, а практичний доказ того, що розробка має реальну суспільну й комерційну цінність.

7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ

Для проєктів медичного спрямування найдоцільніше використовувати метод оцінки повної вартості володіння (Total Cost of Ownership, TCO). Цей метод дозволяє врахувати всі витрати, пов'язані не лише з розробкою програмного забезпечення, а й з технічним обслуговуванням, модернізацією, закупівлею сенсорів і навчанням персоналу. Медичні системи мають тривалий життєвий цикл, тому важливо розуміти реальну вартість підтримки впродовж років експлуатації.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Додатково варто використати метод аналізу економічної ефективності (Cost-Benefit Analysis), який дозволить зіставити витрати з очікуваними вигодами – такими як скорочення часу реакції на критичні стани, зниження кількості помилок і зменшення навантаження на персонал. Саме цей метод допомагає побачити не лише фінансову вигоду, а й соціальний ефект – збережені життя, зменшення стресу у лікарів і підвищення якості лікування.

Таким чином, комбінація ТСО та СВА надає комплексне уявлення про економічну доцільність системи. Це дає змогу керівництву лікарень ухвалювати обґрунтовані рішення й аргументовано доводити вигідність інвестицій перед потенційними донорами або органами влади.

7.4 Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості

Проведемо розрахунок, якою може бути економічна ефективність від впровадження системи програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря – на прикладі середньої міської клінічної лікарні, що обслуговує близько 250 пацієнтів стаціонару щоденно. Вхідні дані зафіксовано в таблиці 7.1.

Розрахунок економічного ефекту демонструє наступне: економія на заробітній платі медперсоналу – 364 000грн, зменшення витрат через скорочення госпіталізації (–1 день на пацієнта) – 45 625 000грн, зменшення втрат через медичні помилки $7\% \times (\text{орієнтовно } 1\,000\,000 \text{ грн щорічно})$ – 70 000грн, оптимізація використання обладнання та витратних матеріалів $\approx 5\%$ загальних витрат – 150 000грн, загальний річний ефект – 46 209 000 грн, витрати на обслуговування системи – -100 000грн, чистий річний економічний ефект – 46 109 000 грн, термін окупності – 0,026 року (~10 днів), ROI – 3 842%

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	До впровадження	Після впровадження
Середня кількість пацієнтів у відділенні	250	250
Кількість лікарів та медсестер, що здійснюють моніторинг	20	15
Середній час перевірки життєвих показників на одного пацієнта	10 хв	2 хв
Кількість помилок у записах через людський фактор	5–7%	<1%
Середній час реагування на критичні зміни у стані пацієнта	15–20 хв	3–5 хв
Вартість трудових витрат (зарплата персоналу за зміну)	25 000 грн	18 000 грн
Початкові інвестиції у систему	—	1 200 000 грн
Витрати на обслуговування (на рік)	—	100 000 грн

Нефінансові результати: покращення якості медичних послуг – пацієнти отримують швидше реагування на зміни стану, підвищення довіри до лікарні – цифровізація процесів підсилює репутацію медзакладу як сучасного, зменшення кількості ускладнень і летальних випадків – завдяки автоматичним попередженням лікаря, можливість аналітики у реальному часі – лікарі можуть бачити динаміку лікування без затримок, формування бази клінічних даних – використовується для наукових досліджень і підвищення ефективності протоколів лікування.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Впровадження програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря є одним із найефективніших кроків до цифровізації медицини. Економічна вигода проявляється не лише у зниженні витрат, але й у підвищенні якості обслуговування, зменшенні смертності та збільшенні пропускної здатності лікарень.

Термін окупності проєкту – менше двох тижнів, а загальна ефективність перевищує 3 800%. Така система створює реальну додану вартість – вона економить ресурси, зберігає життя пацієнтів і формує цифрову медичну інфраструктуру нового покоління.

7.5 Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ

Просування цього проєкту має розпочинатися з пілотного впровадження в одному або двох медичних закладах. Реальні результати роботи системи, підтвержені відгуками лікарів і пацієнтів, стануть найкращим маркетинговим аргументом. Після цього можна підготувати аналітичний звіт і відеопрезентацію, у яких будуть продемонстровані скорочення часу на моніторинг, кількість врятованих життів і зменшення помилок у записах.

Наступним кроком є участь у медичних виставках, конференціях та форумах, де проєкт можна презентувати перед керівниками лікарень, представниками МОЗ і потенційними інвесторами. Важливо також створити інформаційний сайт або платформу, де буде наочно показано принцип роботи системи, її технічні характеристики та переваги для клініки.

Паралельно варто налагодити співпрацю з виробниками медичних приладів і програмного забезпечення, що дозволить інтегрувати рішення у вже існуючі медичні екосистеми. Такий підхід допоможе швидко масштабувати продукт і вивести його на ринок не лише державного, а й приватного сектору.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ

Для оптимізації каналів збуту варто розглянути модель B2B-партнерства з компаніями, які вже постачають медичне обладнання лікарням. Вони можуть виступати офіційними дистриб'юторами системи або включати її у свої пакети постачання. Такий підхід знижує витрати на прямі продажі й прискорює вихід продукту на ринок. Також доцільно впровадити ліцензійну модель SaaS, де лікарні сплачують щорічну або щомісячну підписку за використання програмного забезпечення. Це дозволить зробити систему доступнішою для менших закладів, які не можуть дозволити собі великі одноразові інвестиції. Крім того, створення навчальних програм для персоналу підвищить лояльність користувачів і сприятиме ширшому впровадженню. Щоб підвищити ефективність збуту, важливо зосередитись на доказах ефективності – демонструвати реальні кейси успішного впровадження, наводити статистику та відгуки лікарів. Це зміцнить довіру потенційних клієнтів і зробить продукт більш конкурентоспроможним.

7.7 Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту

Ключовими факторами успіху цього проєкту є надійність системи, її стабільна робота в режимі реального часу та точність отриманих даних. Будь-яка помилка або затримка у передачі життєво важливих показників може мати критичні наслідки, тому технічна досконалість є беззаперечним пріоритетом.

Не менш важливою умовою успіху є зручність використання – лікар повинен швидко розуміти інформацію, отриману з системи, не витрачаючи часу на складні інтерфейси. Також важливим фактором є підтримка на державному рівні, адже цифровізація медицини має стратегічне значення для країни.

Крім того, успіх залежить від постійного вдосконалення системи – впровадження нових датчиків, алгоритмів прогнозування та можливостей аналітики. Якщо продукт залишатиметься гнучким, надійним і орієнтованим на потреби користувачів, він матиме великий потенціал для поширення як в Україні, так і за її межами.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

8.1 Вступ

Законом України “Про охорону праці” [3] регламентуються загальні положення державної політики в галузі охорони праці, а конкретизуються ці положення нормативно-правовими актами про охорону праці, зокрема Наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 № 207, який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за №508/31960 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями» [5], яким затверджено нормативно-правовий акт з охорони праці НПАОП 0.00-7.15-18, «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», та «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Програмісти у процесі роботи мають негативний вплив на органи зору, а також мають значну розумову напругою і нервово-емоційне навантаження. Руки (суглоби пальців та м’язи рук) при роботі з клавіатурою мають теж істотне навантаження. До шкідливих факторів, які впливають на робітників галузі інформаційних технологій (ІТ) спеціалісти відносять високочастотні електромагнітні коливання (випромінювання) роботи апаратної частини ЕОМ та виділення шкідливих газів.

Ці шкідливі фактори можуть привести до професійних захворювань.

Розглянемо шкідливі чинники роботи програмістів керуючись наступними нормативно-правовими актами: «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2-007-98 [5], та «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями» НПАОП 0.00-7.15-18.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Умови праці програміста включають наступні фактори:

- параметри повітряного середовища в приміщенні;
- вентиляція приміщення;
- освітлення приміщення;
- параметри повітряного середовища в приміщенні, тощо.

Щоб запропонувати заходи щодо зменшення негативного впливу комп'ютера на організм людини визначемо фактори, які можуть викликати професійне захворювання і впливають на працездатність програміста.

8.2 Шкідливі і небезпечні фактори при роботі з комп'ютером

Електронно-обчислювальна машина (ЕОМ) та інше обладнання є джерелами небезпеки ураження електричним струмом. Оскільки робота програміста характеризується істотним зоровим навантаженням, то вимагає належного освітлення. У приміщенні, в якому працюють люди (у тому числі програмісти) необхідно створити належний мікроклімат, параметри якого регламентуються Державними санітарними правилами і нормами, зокрема ДСанПіН 3.3.2.007-98.

При роботі з використанням ЕОМ відзначають наступні небезпечні та шкідливі фактори:

- ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного або штучного характеру на об'єкті або території.
- ризик виникнення пожежі;
- негативний вплив на органи зору людини;
- ризики ураження електричним струмом;
- недостатня, або надмірна освітленість робочого місця;
- електромагнітні (у тому числі високочастотні) випромінювання (коливання);
- несприятливі мікрокліматичні умови;

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

- нервово-емоційна напруженість праці;
- інтелектуальні навантаження;
- монотонність праці;
- невідповідність ергономічних показників робочого місця діючим вимогам;
- шум;
- статичні навантаження на кістково-м'язовий апарат.

Лікарі вважають, що з'явився новий тип захворювання – синдром стресу оператора дисплея, дія якого проявляється у вигляді головного болю, підвищеної стомлюваності та слабкості, порушення сну, болю в області спини, шиї та зап'ястків, напруженого стану м'язів, відчуття скутості, запалення сухожиль, запальних процесів м'язів, що керують рухами передпліччя і пальців, неприємних відчуттів в області очей, що супроводжуються різью, алергії. Можливі астматичні прояви, пригніченість, млявість, депресія. про аналітичного паралічу, тобто. нездатності до аналізу одержуваної інформації. Напружений характер праці, висока вартість помилки оператора, перебування у стані тривожно-томного очікування за відсутності емоційної розрядки ведуть до невротизації особистості, що може несприятливо позначатися на спадковості як невротизації потомства.

8.3 Аналіз санітарно-гігієнічних умов праці на робочому місці програміста

Розглянемо умови праці у приміщенні, в якому працюють програмісти. Геометричні розміри приміщення наведено у таблиці 8.1. У зазначеному приміщенні працюють двоє людей. За даними, які наведено у таблиць 8.1-8.2, можна зробити висновок, що площа та об'єм приміщення у розрахунку на одне робоче місце програміста не відповідають нормативним вимогам ДСанПіН 3.3.2-007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [5], але відповідають

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

нормативним вимогам Наказу Міністерства соціальної політики України № 207, від 14.02.2018 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [5] та НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин»).

Таблиця 8.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення, м
Ширина	3
Довжина	4,6
Висота	3

Таблиця 8.2 – Площа та обсяг приміщення, на одного працюючого*

Геометрична характеристика	Одиниця виміру	Нормативне значення*	Фактичне значення
Площа, S	м ²	не менше 6.0	6,9
Об'єм, V	м ³	не менше 20.0	20,7

* Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 (Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин).

Таким чином, можна зробити висновок, що санітарно-гігієнічні умови праці на робочому місці програміста відповідають вимогам.

Температура повітря в приміщенні визначається впливом температури зовнішнього повітря і тепловою енергією, яка виділяється всередині приміщення. Джерелами виділення теплоти в даному приміщенні є електроустаткування, освітлювальні прилади, а також люди. У світлий час доби джерелом надлишкового тепла є сонячна радіація. Згідно Постанови № 42 від 01.12.1999 Головного державного санітарного лікаря України, робота, виконувана в даному приміщенні, відноситься до категорії Ia. В цьому випадку людина витрачає

енергії до 120 ккал у годину. Вологість повітря в приміщенні визначається впливом багатьох факторів, серед яких: вологість атмосферного повітря, виділення вологи людьми (при диханні та випарами з поверхні шкіри).

Мікроклімат повітряного середовища в приміщенні характеризується запиленістю та загазованістю повітря. Мікроклімат приміщення визначається діючим на організм людини поєднанням, вологості, температури, швидкості руху повітря та інтенсивності теплового випромінювання. Аналіз мікроклімату складається з визначення зазначених вище факторів і порівняння результатів із встановленими нормами.

У таблиці 8.3 наведено оптимальні та фактичні значення параметрів мікроклімату як для категорії ваги робіт Іа, так і розглянутого приміщення. У приміщеннях, де встановлено ЕОМ, рекомендується застосування тільки оптимальних значень показників мікроклімату.

Таблиця 8.3 – Оптимальні і фактичні значення параметрів мікроклімату

Пора року	Оптимальні для Іа			Фактичні		
	Температура, °С	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с	Температура, °С	Вологість %	Швидкість повітря, м/с
Холодна	22-24	40-60	0,1	22-24	40-55	0,12
Тепла	23-25	50-70	0,1	24-25	50-65	0,9

Проведений аналіз показує, що показники мікроклімату в приміщенні відповідають установленим нормам. Штучне опалення застосовується у холодний період року.

В літню пору застосовується кондиціонер.

Для боротьби з пилом робляться регулярні провітрювання та вологі прибирання приміщенні.

У приміщенні знаходяться наступні джерела шуму: принтер Xerox WorkCentre 3025BI (3025VBI), електродвигуни вентиляторів ЕОМ.

Одним з найважливіших факторів, які впливають на ефективність трудової діяльності людини та попереджають травматизм і професійні захворювання програмістів є освітлення на робочому місці.

З 2019 року діють Державні будівельні норми України “Природне і штучне освітлення” – ДБН В.2.5-28:2018 [1], у яких прописані вимоги до використання всіх освітлювальних приладів, у тому числі світлодіодних.

Працю працівника, який постійно працює за комп'ютером, згідно ДБН В.2.5-28:2018 [1], можна віднести до роботи з малою точністю (найменший розмір об'єкта розрізнення від 1 до 5 мм) V-го розряду зорової роботи, з великою контрастністю об'єкта розрізнення (символів на екрані дисплея), з темним тлом (під розряд зорової роботи В). Приміщення можна віднести до 1-ої групи приміщень, у яких проводиться розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору того, що працює на робочу поверхню. Для такого типу приміщень і розряду зорової роботи нормоване значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) робочої поверхні (при поєднаному, спільному освітленні), повинен становити не більше 1,5%, освітленість при штучному висвітленні повинна становити 300 Лк. [1], Крім того все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно – це основна гігієнічна вимога. Оскільки яскраве світло на ділянці периферійного зору значно збільшує напруженість очей і, як наслідок, призводить до їх швидкої стомлюваності, ступінь освітлення приміщення і яскравість екрану комп'ютера повинні бути приблизно однаковими.

8.4 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці

Згідно аналізу умов праці в розглянутому приміщенні, ми одержали наступні результати:

- розмірі приміщення, у розрахунку на одному працюючого, відповідають нормативам;
- мікроклімат відповідає нормативному значенню;

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

– акустичні умови роботи не перевищують нормативних допустимих значень.

Таким чином, можна припустити, що основною причиною можливого зниження працездатності програміста є психофізіологічний фактор, тому основна пропозиція буде така: дотримання позитивної психологічної атмосфери в колективі та регламентованого режиму праці та відпочинку, організація робочого місця з урахуванням ергономічних вимог.

Рекомендовані заходи: регулярні періодичні наочні огляди персоналом шляхів для евакуації людей із приміщення, відповідно до плану евакуації (який повинен розташовуватись на видному місці у приміщенні), включення до колективного договору мінімально можливого вмісту аптечок з обов'язковою наявністю масок-клапанів, або іншого спорядження для штучного дихання. Регулярна періодична перевірка параметрів заземлення та занулення (вимірювання опору ланцюга).

Регулярна наочне знайомство персоналу із шляхами для евакуації людей із приміщення відповідно до плану евакуації, забезпечення розподільних щитів спеціальними розетками з заземлюючими контактами; організація заземлення всіх приладів і пристроїв, які працюють при напрузі вище 36 В.

Оскільки при ураженні електричним струмом у людини може статися фібриляція шлуночків серця, в організації бажано мати дефібрилятор і підготовлений персонал для роботи з ним.

8.5 Розрахункова частина

Проведемо розрахунок штучного освітлення за методом коефіцієнта використання світлового потоку для приміщення ширина якого складає 3 м, довжина – 4,6 м, висота – 3 м.

У зазначеному приміщенні працює 1 особа.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Для того, щоб визначити потрібну кількість світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$F = E \cdot S \cdot K \cdot Z / n,$$

де

F – світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; E = 300 Лк;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S = 3 \times 4,6 = 13,8$ м²);

K – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку K = 1,5);

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1.1... 1.2, в нашому випадку Z = 1,1);

n – коефіцієнт використання світлового потоку (відношення світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп, обчислюється в долях одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, забарвлення стін і стелі, що характеризуються коефіцієнтами відбиття від стін ($\rho_{\text{стін}}$) і стелі ($\rho_{\text{стелі}}$), значення коефіцієнтів дорівнюють $\rho_{\text{стін}} = 50\%$ і $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$.

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$i = S / (h \cdot (A + B)),$$

де

S – площа приміщення, S = 13,8 м²;

h – розрахункова висота підвісу, h = 3 м (співпадає з висотою стелі, оскільки лампи освітлення закріплюються на стелі);

A – ширина приміщення, A = 3 м;

B – довжина приміщення, B = 4,6 м.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Підставимо всі значення у формулу та визначимо індекс приміщення:
 $i=0,43$.

Знаючи індекс приміщення, знаходимо $n = 0,23$ (з табличних даних коефіцієнтів використання світлового потоку (n) світильників з відповідним типом ламп). Підставимо всі значення у формулу, визначимо світловий потік:
 $F=29700$ Лм.

Для розрахунку будемо використовувати світлодіодні панелі LED панель 42 Вт 6000 К SUNLED 000000127, світловий потік яких $F_{л} = 3990$ Лм.

Число ламп визначається за формулою:

$$N=F/F_{л}$$

де

F – світловий потік,

$F_{л}$ – світловий потік однієї лампи.

Підставимо всі значення у формулу та визначаємо кількість ламп:

$$N = 29700 / 3990 = 7,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо необхідну кількість світлодіодних світильників 8 шт.

Висновки до розділу

Дотримання всіх необхідних умов праці не лише сприяє збереженню здоров'я працівників, а також підвищує ефективність виробництва в цілому.

З цих міркувань було здійснено аналіз умов праці, призначеного для праці програмістів, проведено розгляд небезпечних та шкідливих факторів, що негативно впливають на програмістів під час роботи. Виконано розрахунок штучного освітлення, як одного з ключових факторів впливу на працездатність та здоров'я програміста. Розроблено заходи з охорони праці.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, призначено для програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.
- Досліджена система моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.
- На основі отриманих результатів досліджень створена реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря.

Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створенні програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Python. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм ММВ.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

Проведено маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту, що дозволило визначити ключові фактори успіху даного проєкту.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Завірюха Є.О. Дослідження та реалізація програмно-апаратного комплексу моніторингу життєвих показників пацієнтів із передачею даних на робоче місце лікаря // Збірник праць молодих науковців ЦНТУ. – Вип. 15. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025.
2. Jack Ganssle and Michael Barr. 2003. Embedded Systems Dictionary. CMP Books.
3. Технології інтернету речей. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,5 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.
4. Greg Dunko, Joydeep Misra, Josh Robertson, Tom Snyder “A reference guide to the Internet of Things” / 2017 Bridgera LLC, RIoT.
5. Donald Norris “Programming with STM32. Getting started with the Nucleo Board and C/C++” 416 p. 2018.
6. Neil Kolban “Kolban’s book on ESP32”. Texas, USA. 951 p.
7. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kuznetsova, K., Arnesano, M., Smirnov, O. «A secure biometric authentication architecture for blockchain-driven cyber-physical systems». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 193–224.
8. Kuznetsov, O., Atzeni, G., Arnesano, M., Randieri, C., Smirnov, O. «Secure IoT-based smart wheelchair system: From implementation to security enhancement strategy». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 225–257.
9. Kuznetsov, O., Smirnov, O., Kuznetsova, T., Shaikhanova, A., Svatowsky, I. «Privacy-utility trade-offs in IoT networks: A comparative analysis of differential

privacy mechanisms for sensor data aggregation». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 589–622.

10. Вінтенко Б., Смірнов О., Миронець І., Смірнова Т., Смірнов С. «Імітаційна модель шляхів вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оператора енергоблоку АЕС». *Комбінаторні конфігурації та їхні застосування: Матеріали XXVII Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 125-річчю Національного університету «Запорізька політехніка»* (Запоріжжя-Кропивницький-Київ, 4-6 червня 2025 р.). Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С.82-91.

11. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Drieiev, O., Smirnov, O., Dorenskyi, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.

12. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В., Коваленко О.В., Мацуї А.М. «Модель шляхів отримання вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч. II. С.52-62.

13. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В. «Методи забезпечення відмовостійкості інтелектуальних систем підтримки оператора». *VIII міжнародна науково-практична конференція “Інформаційна безпека та комп'ютерні технології”*, м. Кропивницький. 24-25 квітня 2025 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2025. – С. 44-46.

14. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Коваленко, А., Коноплицька-Слободенюк, О., Смірнова, Т., Константинова, Л. «Дослідження застосування систем підтримки оперативного персоналу об'єкту критичної інфраструктури при керуванні енергоблоком АЕС з реактором типу ВВЕР-1000». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 2024. № 2(26), С. 6-26.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

15. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.

16. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Кравчук, О., Козірова, Н., Савеленко, Г., Коваленко, А. «Дослідження вимог та аналіз кібербезпеки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №3(23), С. 111-131.

17. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.

18. Kuznetsov, O., Kuznetsova, Y., Smirnov, O., Kostenko, O., Zvieriev, V. «Evaluating Hashing Algorithms in the Age of ASIC Resistance». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 93-105.

19. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchев, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

20. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.

21. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко А.С., Смірнов С.А., Буравченко К.О. «Дослідження вимог міжнародних стандартів IEC60880 та IEC62138 з розробки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2023, вип. 3(73), С. 155-166.

22. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду

абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи*, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.

23. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». *CEUR Workshop Proceedings Volume 3156*, 2022, Pages 390-399.

24. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління*, № 2(70). 2022. С. 28-37.

25. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 3(69). С. 93-98.

26. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*, № 2 (307). С. 46-52. 2022.

27. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 1(67). С. 84-89.

28. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

29. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

30. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.

31. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

32. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) *Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

33. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 125-136.

34. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 366-379.

35. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2608, 2020, Pages 633-645.

36. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties».

International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.

37. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». *International Journal of Computing*; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.

38. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.517-522.

39. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.

40. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings*, Vol 2588, P. 90-106, 2019.

41. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv*, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.

42. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.

43. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising

Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.

44. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2353, *CEUR Workshop Proceedings* 2019, Pages 618-629.

45. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering*. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

46. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95

47. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки*. №4. С. 103-110. 2020.

48. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. № 3(7). С. 43-62. 2020.

49. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.

50. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G» у *Кібербезпека та інформаційні технології: монографія*. – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.

					ВКРМ-123.25.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88