МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Розробка та дослідження автоматизованої системи моніторингу стану людини

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1743-з-дн
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Гільдібрант К. Є.
я
Керівник доц., к.т.н. Барішенко О. М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент директор ТОВ «Електротехмаш»
Курілець І. А.

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології та робототехніка
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва)
Спеціалізація
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
"____" _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ
Гільдібрант Катерині Євгенівні
(прізвище, ім'я, по батьков)

1. Тема роботи (проекту) Розробка та дослідження автоматизованої системи моніторингу стану людини
керівник роботи Барішенко Олена Миколаївна канд.техн.наук, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від від «30» вересня 2024 року № 1483-с
2. Строк подання студентом роботи 01 березня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Визначення особливостей технологічного процесу, розробка технічного завдання, математичне моделювання, розробка системи моніторингу стану людини і web-застосунку, визначення і опис небезпечних і шкідливих факторів на виробництві, розрахунок техніко-економічних показників проєкту
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентація роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Барішенко О.М.		
2	Барішенко О.М.		
3	Барішенко О.М.		
4	Барішенко О.М.		
5	Барішенко О.М.		
6	Барішенко О.М.		
7	Барішенко О.М.		

1. Дата видачі завдання 01 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення особливостей технологічного процесу	01.10.2024	виконано
2	Розробка технічного завдання	01.11.2024	виконано
3	Математичне моделювання	01.12.2024	виконано
4	Розробка системи моніторингу стану людини	01.01.2025	виконано
5	Розробка web-застосунку	15.01.2025	виконано
6	Визначення і опис небезпечних і шкідливих факторів на виробництві	01.02.2024	виконано
7	Розрахунок техніко-економічних показників проєкту	15.02.2025	виконано
8	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю	26.02.2025	виконано
9	Підготовка доповіді	01.03.2025	виконано

Студент _____ Катерина ГІЛЬДІБРАНТ
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ Олена БАРІШЕНКО
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ рина ОВЧИННИКОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АС – автоматизована система

ДСТУ – державний стандарт України

МОНУ – міністерство освіти і науки України

МОЗ – міністерство охорони здоров’я України

ІС – інформаційна система

ПЗ – програмне забезпечення

МК – мікроконтролер

БД – база даних

НК – неруйнівний контроль

ОК – об’єкт контролю

ТЕНГ – трибогенераторний електричний генератор

ЕЕГ – електроенцефалографічні сигнали

ЕКГ – електрокардіографічні сигнали

ЕМГ – електроміографічні сигнали

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ 5
ВСТУП 8
1 ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ 12
1.1 Характеристика об’єкту дослідження 12
1.2 Дослідження новітніх технологій у сфері моніторингу стану людини 15
1.3 Постановка задачі 23
2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ 27
3 СИНТЕЗУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ 32
3.1 Алгоритм роботи автоматизованої системи 32
3.2 Структура автоматизованої схеми моніторингу стану людини 36
3.3 Апаратна реалізація автоматизованої системи 39
3.4 Програмне забезпеченнях датчиків 46
3.5 Бездротова технологія передачі даних і серверна частина 48
4 РОЗРОБКА WEB-ЗАСТОСУНКУ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛЮДИНИ 50
4.1 Процес створення сервісу моніторингу стану людини 50
4.2 Розробка макету дизайну сайту 50
4.2 Верстка сторінок сервісу моніторингу стану людини 51
4.4 Програмування 52
4.5 Обґрунтування вибору баз даних і системи безпеки 56
4.6 Архітектура і інфраструктура 62
4.7 Інтерфейс адмін-панелі 63
5 ОПРОБУВАННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ 66
6 ОХОРОНА ПРАЦІ 69
6.1 Аналіз потенційних небезпек 69
6.2 Заходи безпеки обслуговуючого персоналу 72
6.3 Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці 75
6.4 Заходи з пожежної безпеки 77

7 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ 80
7.1 Формування бюджету компаній медичних технологій..... 80
7.2 Економічні бенефіти для користувачів розробленого застосунку..... 81
7.3 Перспективи розвитку сервісу моніторингу стану людини 82
ВИСНОВКИ..... 85
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА 87

ВСТУП

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Сучасний розвиток медицини активно орієнтується на впровадження комп’ютерно-інтегрованих технологій, які відкривають нові можливості для інноваційних рішень. Одним із таких рішень є автоматизовані системи моніторингу стану людини. Зростання кількості хронічних захворювань, потреба у превентивній медицині, а також збільшення попиту на персоналізовані медичні рішення визначають важливість розробки автоматизованих систем моніторингу стану пацієнта. Вони забезпечують збір, обробку та аналіз різних даних про здоров’я людини, що дозволяє ефективно контролювати стан пацієнтів у реальному часі. Такі системи сприяють своєчасному виявленню відхилень у фізіологічних показниках, допомагають виявляти ризики розвитку захворювань та швидко реагувати на зміни у стані здоров’я, підвищують ефективність лікування та знижують ризики виникнення ускладнень. Це сприяє персоналізації медичних послуг, покращенню якості лікування і підвищенню шансів на успішне одужання.

Зростаюча інтеграція медичних технологій із сучасними комп’ютерними рішеннями робить автоматизовані системи незамінним інструментом у багатьох медичних установах. Автоматизовані системи моніторингу дозволяють інтегрувати датчики, IoT-технології та алгоритми обробки даних для створення універсальних платформ, які можуть застосовуватись як у клінічних умовах, так і в повсякденному житті. Актуальність також зумовлена збільшенням кількості мобільних пристроїв та смарт-гаджетів, що відкриває нові можливості для дистанційного контролю за станом здоров’я людини. Особлива увага приділена використанню бездротових технологій, дослідженню сучасної мікроконтролерної архітектури та мультиплатформних вебзастосунків, що сприяє практичному впровадженню таких систем у медичну практику.

МЕТА, ОБ’ЄКТ, ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи: розробка та дослідження автоматизованої системи моніторингу стану людини.

Об'єкт дослідження: автоматизована система моніторингу стану людини.

Предмет дослідження: методи, моделі та інструментальні і програмні засоби контролю стану пацієнта.

Відповідно до поставленої мети досліджень в роботі сформульовані наступні задачі:

– сформулювати стислу характеристику об'єкта дослідження;

– провести дослідження існуючих технологій, методів і засобів контролю стану людини

– розробити математичну модель роботи автоматизованої системи моніторингу стану людини;

– розробити автоматизовану систему моніторингу стану людини;

– розробити програмне забеспечення для реалізації автоматизованої системи моніторингу стану людини у вигляді web-застосунку;

– протестувати автоматизовану систему моніторингу стану людини;

– розглянути організацію охорони праці, провести аналіз умов праці та визначити заходи зниження впливу небезпечних і шкідливих факторів;

– виконати розрахунок економічного обґрунтування проекту та визначити економічну ефективність впровадженої автоматизовану систему моніторингу стану людини.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження використовуються методи математичного моделювання – створення математичних моделей автоматизованих систем моніторингу стану людини. Ці моделі можуть використовуватися для прогнозування поведінки системи та оптимізації управління нею.

Використання спеціалізованих програмних засобів для комп’ютерного моделювання та аналізу процесів в медичній галузі. Це дозволяє швидко та ефективно проводити різноманітні симуляції та оптимізаційні розрахунки. Застосовано також емпіричні методи – аналіз результатів попередніх досліджень та досвіду виробництва для визначення оптимальних умов отримання даних про стан людини. А також статистичних методів для обробки та аналізу експериментальних даних з метою виявлення закономірностей та встановлення зв'язків між різними параметрами процесу отримання даних віддалено.

НАУКОВА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Новизна дослідження полягає у узагальнені дослідницьких даних про існуючі методи і автоматизовані системи моніторингу стану людини. Пошук існуючих систем та аналіз їх застосування дозволить сформувати вимоги до апаратного та програмного забезпечення. А також у створенні web-застосунку для спроектованого конструктивного рішення на базі МК та бездротових датчиків.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

Автоматизована система моніторингу стану людини дозволяє віддалено й оперативно отримувати дані про об'єкт спостереження та демонструвати їх уповноваженій особі в режимі реального часу на будь-який пристрій без прив’язки до конкретної операційної системи (Windows, Linux, MacOS, Android. IOS, тощо) та місцезнаходження.

ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК

Теоретичні дослідження виконані автором самостійно. Здобувачем визначено стан і тенденції розвитку теоретично-експериментальних досліджень обладнання для моніторингу стану людини, сформульовано мету й постановку завдань досліджень, розроблено методи та способи

досягнення поставленої мети, розроблено узагальнену математичну модель автоматизованої системи параметричного контролю стану людини. Здобувачем також здійснено наукове обґрунтування теоретично-експериментальних досліджень.

СТРУКТУРА МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Магістерська робота складається з вступу, семи розділів, загальних висновків, списку літератури із 34 найменувань і вміщує 78 сторінок основного тексту, 2 таблиці, 35 рисунків, усього 89 сторінок.

1 ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Характеристика об’єкту дослідження

Процес метаболізму в людському тілі протікають протягом всього дня, і деякі з його сигналів можуть відображати життєві показники організму та прогнозувати його фізичний стан. Моніторинг цих сигналів тіла відіграє важливу роль у діагностиці захворювань та моніторингу здоров'я та стану людини [23, 24].

Людське тіло багате на фізіологічні сигнали, а серцебиття та дихання тривають навіть у спокої. На рисунку 1.1 наведені фізичні сигнали (електричні, артеріальний тиск, температура) та хімічні сигнали (слина, кров, сльози, піт), які можуть бути зібрані з людського тіла.

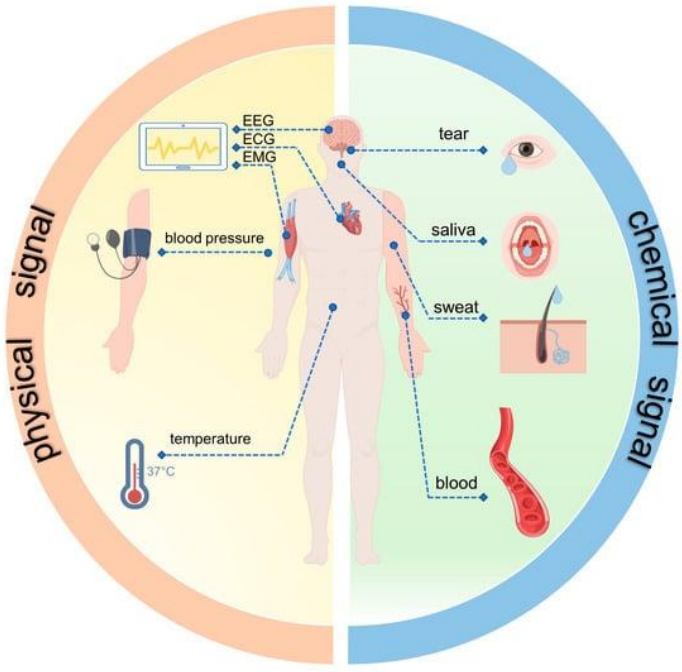


Рисунок 1.1 – Фізичні сигнали та хімічні сигнали, які можуть бути зібрані з людського тіла [23]

Моніторинг цих сигналів має велике значення для контролю здоров'я людини [25]. Використання сенсорів в якості «очей», які використовуються для розпізнавання різних сигналів параметрів стану

людини. Сенсори, створені на основі різних принципів, тому особливо важливо розуміти класифікацію типів сигналів тіла. Залежно від природи сигналів, їх можна поділити на дві категорії: фізичні та хімічні сигнали.

Фізичні сигнали – це фізичні носії, які використовуються для передачі інформації та відображення символів, станів і ознак цієї інформації. Людське тіло багате на параметри фізичних сигналів, які можуть відображати поточний стан людини та навіть прогнозувати ризики. Ці сигнали переважно включають фізіологічні електричні сигнали, артеріальний тиск, температуру, дихання та прискорення.

Фізіологічні електричні сигнали – це регулярні електричні сигнали, які тісно пов’язані з фізіологічним станом організму під час активності або в стані спокою. До таких сигналів належать електроенцефалографічні сигнали (ЕЕГ), електрокардіографічні сигнали (ЕКГ), електроміографічні сигнали (ЕМГ):

– сигнали ЕЕГ відображають зміни в активності мозку;

– сигнали ЕКГ відображають зміни, що виникають під час кожного серцевого циклу, і мають важливе значення для моніторингу здоров’я серця;

– сигнали ЕМГ відображають зміни, що виникають під час руху м’язів, і часто використовуються як орієнтир під час тренувань.

Артеріальний тиск – це тиск на одиницю площі стінки кровоносної судини, який кров створює під час руху по судинах. Для пацієнтів, які страждають на гіпертонію, постійний моніторинг змін артеріального тиску є корисним. Переносні пристрої забезпечують зручний цілодобовий моніторинг артеріального тиску, підвищуючи рівень безпеки здоров’я користувача.

Температура тіла значною мірою відображає фізичний стан організму. Нормальна температура людського тіла знаходиться в межах від 36 °C до 37 °C, незалежно від умов навколишнього середовища. Нормальна температура тіла є необхідною для нормального метаболізму та

життєдіяльності. Зазвичай ми відчуваємо холод або тепло, але температура тіла майже не змінюється. Коли організм інфікований хворобою, температура тіла підвищується через реакцію імунної системи; коли організм перебуває в умовах надзвичайно низьких температур, температура ядра тіла знижується, що може спричинити гіпотермію.

Дихання – це процес газообміну між організмом і зовнішнім середовищем. Дихання може використовуватися як метод неінвазивного моніторингу здоров'я, а амплітуда та частота дихання відіграють важливу роль в аналізі стану здоров'я. Наручні датчики можуть легко та швидко отримувати ці сигнали для подальшого моніторингу та аналізу. Завдяки носінню або кріпленню датчиків на поверхні тіла, можна контролювати амплітуду та частоту дихання людини.

Датчики прискорення переважно використовуються для моніторингу швидкості просторового переміщення людини, швидкості руху або змін її постави. У русі швидкість переміщення тіла людини називається швидкістю зміщення; швидкість виконання рухової дії називається швидкістю дії. Датчики прискорення можуть контролювати швидкість зміщення та швидкість руху тіла, а також визначати поставу або стан людини за змінами прискорення; вони можуть попередити про падіння ще до його виявлення або надіслати сигнал тривоги після його виявлення.

Майбутні наручні пристрої інтегруватимуть кілька датчиків, які зможуть контролювати більше ніж один сигнал, і ці відстежувані сигнали будуть використовуватися синергійно для аналізу стану здоров'я користувача.

Хімічні сигнали, також відомі як біохімічні сигнали, – це біохімічні молекули, які здійснюють зв'язок між клітинами. Організм людини також багатий на біохімічні сигнали, які можна отримати з рідин тіла, таких як кров, слина, сльози, піт і сеча. Біохімічні параметри, які можуть вимірюватися за допомогою наручних датчиків, включають pH, лактат, рівень глюкози в крові, електроліти, насичення киснем тощо.

Слина, сльози, піт і сеча, на відміну від інших, можуть збиратися неінвазивно, а біохімічні параметри цих рідин можуть аналізуватися для визначення стану здоров’я організму і, у деяких випадках, використовуватися для живлення пристрою. У майбутньому неінвазивний збір і моніторинг стануть основним напрямком розвитку сенсорних пристроїв, а електрохімічні датчики особливо підходять для виявлення рідин організму завдяки їх високій продуктивності, властивій мініатюризації та низькій вартості. Крім того, інтеграція різних хімічних датчиків дозволить неінвазивним сенсорам здійснювати багато параметричне виявлення.

Біосенсори можна класифікувати за різними критеріями, включаючи принцип дії, призначення та функцію. Відповідно до принципу та методу вимірювання, сенсори поділяються на ті, що:

– моніторять фізичні сигнали;

– моніторять хімічні сигнали;

За формою контакту сенсора з організмом людини вони поділяються на інвазивні (in vivo) та неінвазивні (in vitro), які також можуть називатися носимими сенсорами та імплантованими сенсорами [24].

1.2 Дослідження новітніх технологій у сфері моніторингу стану людини

У сучасній медицині методи діагностики, моніторингу та терапії здебільшого залежать від великогабаритного високоточного обладнання, яке є незручним і некомфортним або навіть травматичним для пацієнтів. Наразі в клінічних умовах використовуються деякі прилади для моніторингу цих сигналів: манометр для вимірювання артеріального тиску, пульсоксиметр, електрокардіограф, електроміограф, електроенцефалограф, термометр тощо.

Через обмежені медичні ресурси процеси діагностики та моніторингу поступово стають портативними та домашніми, що вимагає розробки мініатюрного та портативного обладнання.

Традиційні пристрої та системи, які використовуються для збору біосигналів у звичайних життєвих умовах, завжди суттєво обмежуються через великі, повторювані деформації, наприклад, рухи суглобів (у ліктях, колінах, зап’ястях тощо) і розтягнення шкіри. Недоліком таких пристроїв є те, що вони великі і не зручні для перенесення. На ринку також є деякі розумні переносні пристрої, які також мають функцію моніторингу сигналів організму, такі як розумні браслети, розумні годинники тощо. Однак точність моніторингу таких продуктів не є високою, і їх не можна використовувати для діагностики та допоміжного лікування захворювань.

Переностні датчики не можуть досягти деяких осередків всередині тіла, а показники здоров'я, що можна виміряти на поверхні тіла, легко піддаються впливу перешкод. Як альтернатива, існують інгестовані біосенсори (рис. 1.2), які називаються інгестованими біосенсорами-капсулами (IBC).

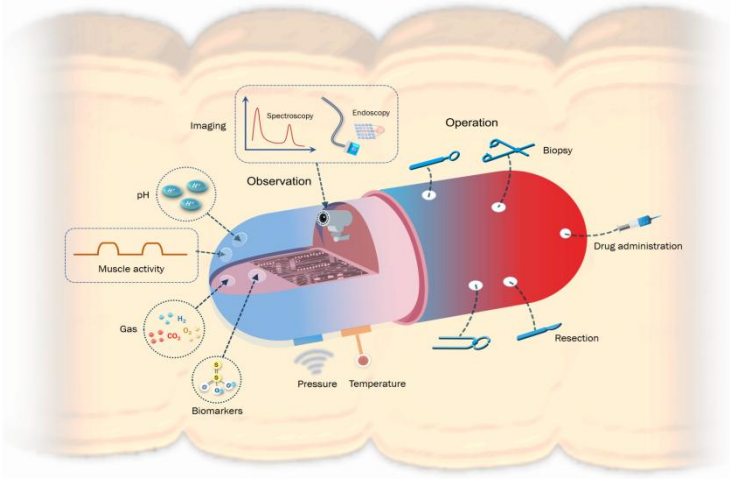


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення моделі інгестованого сенсора [25]

Вони можуть переміщатися близько до основних органів через шлунково-кишковий тракт, моніторити широкий спектр біомаркерів, слугувати ефективними клінічними інструментами для діагностики та

навіть забезпечувати цілеспрямовану хірургічну та фармацевтичну терапію. Інгестовані датчики значно перевищили свої скромні початки як датчики температури тіла в 1960-х роках з громіздкими установками для вимірювання одного показника.

Завдяки останнім досягненням у галузі мікроелектроніки, біоінженерії, машинобудування та матеріалознавства, інгестовані сенсори, які тепер інтегрують кілька функцій (pH, тиск, температура, оптичне зображення тощо) в ковтну капсулу, стали комерційно доступними та популярними (наприклад, PillCam, VitalSense, myTemp) [25].

Новітні дослідження демонструють вражаючі можливості капсульних біопсій, хірургічних втручань, контролю прийому ліків та введення ліків, які стають все ближчими до доступного медичного продукту [16]. Однак існує ще багато технічних викликів і конструктивних особливостей, які необхідно враховувати при створенні надійного інгестованого біосенсора, і ця частина зокрема зосереджується на таких аспектах, як енергозабезпечення пристрою, рух, локалізація та безпека.

Імплантовані біосенсои – це типи сенсорів, які імплантуються в тіло для моніторингу параметрів сигналів людини, наприкдад, тензометричний тискосенсор на основі п'єзоелектричної тонкої плівки (рис. 1.3), який може бути обгорнутий навколо аорти для моніторингу змін артеріального тиску.

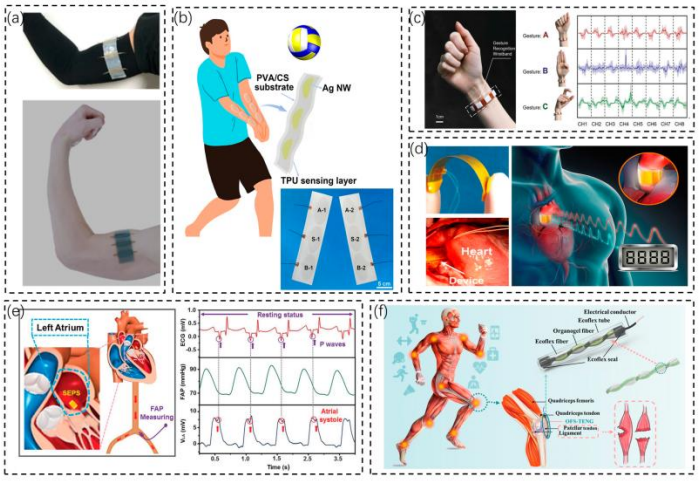


Рисунок 1.3 – Використання тензометричних тискосенсорів на основі п'єзоелектричної тонкої плівки [26]

Завдяки характеристикам імплантованих біосенсорів, вони безпосередньо і ретельно контактують з тілом, що дозволяє отримувати більш точні та прямі фізіологічні та біохімічні сигнали.

З розвитком технологій та удосконаленням біосенсорів вони стали дедалі меншими, а точність їхнього виявлення значно покращилася. Крім того, деякі біосенсори мають унікальні властивості завдяки оновленню матеріалів, наприклад, гнучкість, самовідновлення, високу біосумісність і здатність до біорозкладу. Добра адаптація гнучких переновсних та імплантованих біосенсорів до форми людських тканин або органів покращує їхню ефективність.

Наприклад, авторами дослідження була розроблена розтяжна та повністю герметична самозабезпечена енергетична система, яка поєднувала розтяжний ТЕНГ (трибогенераторний електричний генератор) та розтяжна система зберігання енергії, яка вкрита гнучкими матеріалами. Вона достатньо гнучка, щоб витримувати зовнішні сили, такі як розтягування та скручування, і отримує енергію від цих сил. Енергія, що отримується від рухів людини при встановленні на тілі, може живити електронний годинник. Приклади біосенсорів наведені на рис. 1.4.

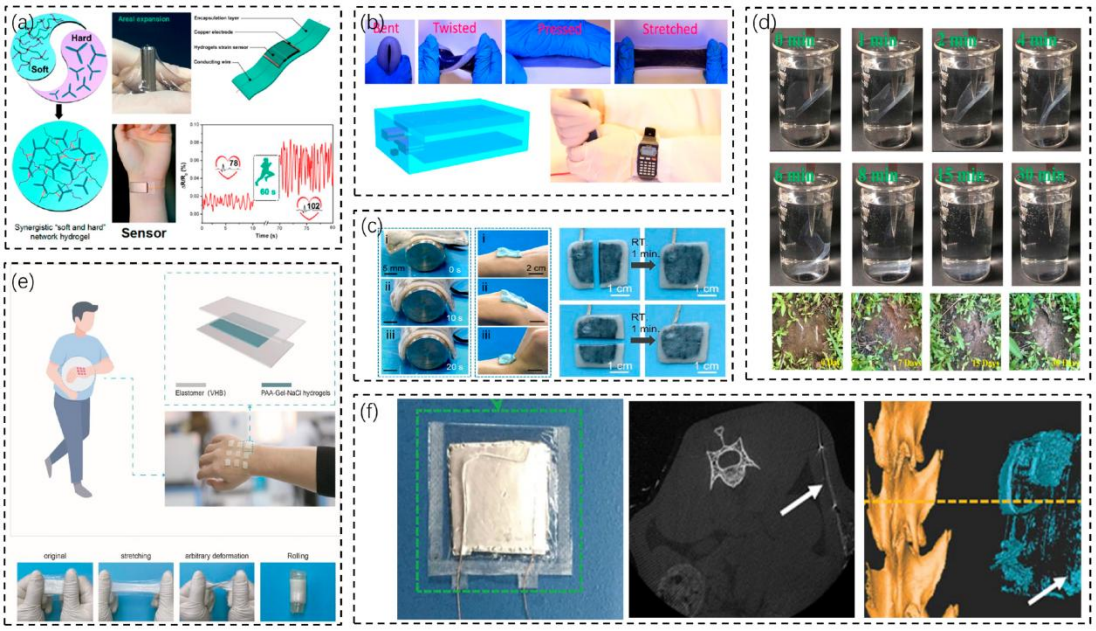


Рисунок 1.4 – Приклади використання біосенсорів [27]

Приклади біосенсорів з характеристиками [27]:

– гідрогелевий сенсор (рис. 1.4, a), що може моніторити пульс, має розтяжні та самовідновлювальні характеристики, з виїмкою, яка відновлюється сама протягом 5 хвилин після розрізу;

– розтяжний трибогенераторний електричний генератор (ТЕНГ) (рис. 1.4, b) та енергетична система зберігання енергії, що може живити електронний лічильник з енергією, отриманою від людського тіла;

– ТЕНГ з адаптацією форми, який відновлюється через 1 хвилину після розрізу (рис. 1.4, c);

– біорозкладний водорозчинний ТЕНГ, що розкладається у воді та природному середовищі (рис. 1.4, d);

– самовідновлювальний гідрогель, що завершує відновлення протягом 2,5 хвилин після розрізу при кімнатній температурі та може використовуватись як сенсор для дотику та тиску в електронній шкірі (рис. 1.4, e);

– біорозкладний ТЕНГ, що розкладається та реабсорбується в організмі після виконання своєї функції (рис. 1.4, f).

Основна сутність діагностики стану людини наступного покоління полягає в персоналізованій діагностиці та точній медицині. Хоча різні традиційні сенсори та біосумісні сенсори надають багатовимірну підтримку даних для розвитку точної медицини, все ж таки важливо застосовувати ці зібрані дані.

Для того, щоб подолати недоліки та задовольнити потреби в розвитку існуючих продуктів, дослідники почали експериментувати з поєднанням сенсорів з носіями та імплантованими технологіями, а також інтеграцією різних електронних пристроїв [28].

Для того щоб отримані сигнали могли використовуватися як основа для діагностики та моніторингу захворювань, необхідно покращити продуктивність носіїв діагностичних/моніторингових пристроїв, зокрема їх

чутливість, селективність, надійність, миттєвість тощо, навіть за умов деформації.

Для подолання бар'єрів у зборі та аналізі даних в медичні сенсорні системи вводяться інтелектуальні алгоритми, що значно полегшують розвиток персоналізованої точної діагностики. Органічне поєднання цих нових біосумісних сенсорів та штучного інтелекту (ШІ) вважається прототипом технологій діагностики наступного покоління. Алгоритми штучного інтелекту можуть значно підвищити точність діагностики та максимізувати фізіологічні сигнали на місці. Наприклад, Вералінгам та ін. повідомили про першу багатофункціональну сенсорну платформу на основі наноматеріалів для одночасного та безперервного моніторингу конкретних важливих параметрів організму, таких як рівень зволоження шкіри, концентрація глюкози та pH біологічної рідини поту з високою точністю та швидкістю [29, 30]. Для забезпечення взаємодії людини з машиною, здатної аналізувати великі обсяги даних, сенсор підключений до відкритої мікроконтролерної плати (QueSSence), де алгоритм найближчих сусідів на основі ШІ здатний точно та швидко отримувати дані з складних математичних вузлів.

За підтримки Інтернету речей сенсори стають вузлами, які реалізують різноманітні функції, такі як сенсування всередині тіла, вимірювання та обробка і аналіз даних. Завдяки характеристикам переносних та імплантованих сенсорів, вони мають переваги у вигляді малого розміру, малої ваги, функціональної інтеграції та доброї біосумісності. Вони можуть бути корисними в телемедицині, моніторингу здоров'я, спортивному моніторингу тощо [31]. У порівнянні з традиційними технологіями моніторингу, сенсори надають більш точний і прямий доступ до даних і можуть уникати використання приватної та непотрібної інформації.

Програми та алгоритми для моніторингу стану пацієнтів зазвичай застосовуються в медичних установах для того, щоб допомогти лікарям і

медсестрам стежити за здоров'ям пацієнтів, оперативно реагувати на зміни в їхньому стані та забезпечувати надання найбільш ефективної медичної допомоги. Основні типи програм, що використовуються в цій області зображено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Основні типи програм, що використовуються для моніторингу стану людини

1. Програми моніторингу базових функцій: ці програми допомагають медичному персоналу відстежувати основні життєві показники пацієнта, такі як пульс, тиск, температура і рівень кисню в крові, щоб своєчасно виявити можливі порушення. Вони часто використовуються в умовах інтенсивної терапії, де важлива постійна увага до стану пацієнта.

2. Алгоритми контролю за лікуванням: алгоритми автоматично коригують дозу ліків в залежності від показників пацієнта, таких як аналізи крові або реакція на лікування. Вони допомагають уникнути помилок у дозуванні та забезпечують точність у лікуванні, що особливо важливо при складних захворюваннях.

3. Програми моніторингу хвороби: ці програми дозволяють пацієнтам використовувати сенсори та мобільні пристрої для спостереження за своїм станом, а також визначати, коли необхідно

звернутися до лікаря для коригування лікування. Вони дають пацієнтам більше контролю над власним здоров'ям і можуть покращити ефективність терапії.

4. Алгоритми контролю за станом післяопераційного періоду: ці алгоритми допомагають відстежувати відновлення пацієнта після операції, визначаючи можливі ускладнення і вчасно ініціюючи необхідні заходи. Вони знижують ризик післяопераційних ускладнень і забезпечують швидке реагування медичного персоналу на зміни в стані пацієнта.

Ці програми та алгоритми допомагають лікарям і медичному персоналу ефективно моніторити стан пацієнтів і визначати необхідність додаткових лікувальних заходів або переведення пацієнта до іншої палати, підрозділу лікування чи спеціалізованої клініки. Вони базуються на даних, що отримуються з медичних пристроїв, таких як монітори життєвих функцій, електрокардіографи, глюкометри, термометри тощо. Ці дані можуть передаватися в реальному часі до спеціальних систем, які аналізують інформацію та створюють алгоритми для допомоги в прийнятті рішень щодо лікування [32].

Важливою частиною цього процесу є використання технологій штучного інтелекту, зокрема машинного навчання та нейронних мереж. Ці технології дозволяють програмам вчитися на основі зібраних даних, що покращує точність прогнозування стану пацієнта та допомагає лікарям приймати обґрунтовані рішення.

Усі ці програми і алгоритми сприяють покращенню якості медичної допомоги та знижують ризик ускладнень під час лікування, але вони не можуть замінити кваліфікованих медичних працівників. Їхнє використання є додатковим інструментом для лікаря.

При розробці програмного забезпечення для контролю стану пацієнта важливими аспектами є:

– контроль аутентифікації користувачів для забезпечення доступу тільки авторизованим особам;

– бездротове з’єднання, яке забезпечує безвтратну і надійну передачу даних;

– документування всіх процесів для коректного ведення медичних записів.

Забезпечення цих аспектів безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту, що є критичним для успішного впровадження в медичну практику [33].

1.3 Постановка задачі

У випускній кваліфікаційній роботі магістра необхідно розробити систему віддаленого моніторингу пацієнтів, які потребують відновлення після хвороб або ушкоджень, передбачає контроль і протоколювання їхніх медичних параметрів відповідно до стандартних методик Міністерства охорони здоров'я (МОЗ) для періоду реабілітації. Ця система має бути спрямована на постінсультних пацієнтів, які мають залишкові спазми м'язів верхніх кінцівок. Важливою складовою є забезпечення бездротової передачі даних, що дозволяє здійснювати моніторинг стану пацієнта в реальному часі без фізичних втручань або необхідності регулярних візитів до лікаря.

Для ефективної роботи такої системи потрібна розвинена інфраструктура, що включає в себе спеціалізоване обладнання, програмні комплекси для автоматизованого збору та аналізу даних, а також систему автоматичного управління. Це дозволяє здійснювати постійний моніторинг стану пацієнта як до, так і після процедур відновлення, включаючи візуальний контроль та можливість оперативного реагування.

У системі також важливою частиною є можливість інтеграції даних між різними учасниками процесу – пацієнтом, медсестрою, сімейним лікарем, спеціалістами та іншими медичними працівниками. Всі дані зберігаються на сервері в зашифрованому вигляді, щоб забезпечити захист

персональної інформації. Пацієнт може бути під постійним контролем, а лікарі – отримувати інформацію про його стан в будь-який час для корекції лікування. Крім того, система має бути інтегрована зі страховими компаніями та адміністрацією лікарень для моніторингу стану пацієнта з точки зору страхових виплат та надання необхідної медичної допомоги.

Мережа та сервери повинні забезпечувати стабільну передачу та зберігання даних у режимі реального часу з доступом для всіх учасників процесу, з можливістю розподілу доступу до інформації за ролями, що дозволяє обмежити або записувати доступ залежно від рівня повноважень кожного учасника процесу.

Завдання полягає в розробці автоматизованої системи для параметричного контролю стану пацієнта, яка буде моніторити групу медичних показників за допомогою сучасних підходів і технологій. Система повинна мати дворівневий контроль доступу, безвтратне стиснення даних, їх шифрування і передачу через відкриті канали зв'язку, а також організовувати доступ до бази даних для віддаленого моніторингу і корекції процедур лікування.

Для досягнення цієї мети потрібно виконати кілька етапів:

1. Аналіз предметної області – потрібно вивчити, які саме медичні показники важливі для контролю в рамках відновлювального періоду пацієнтів, а також які існують вимоги до системи.

2. Ознайомлення з існуючими системами – необхідно дослідити вже наявні рішення в цій сфері, з’ясувати їх переваги, недоліки і особливості, щоб уникнути помилок та впровадити найкращі практики.

3. Визначення компонентного складу системи – потрібно розробити перелік необхідних апаратних і програмних компонентів, які будуть використовуватись для збору даних, їх обробки, зберігання та передачі.

4. Визначення техніки створення ІС – це включає вибір інструментів для розробки програмного забезпечення, таких як платформи для створення застосунків, бази даних, сервери для зберігання даних тощо.

5. Розробка схемного рішення системи – необхідно створити архітектурну схему, що визначатиме, як всі компоненти будуть взаємодіяти, які канали зв'язку використовуватимуться, і як буде реалізовано віддалене управління.

6. Розробка алгоритмів безвтратного стиснення та шифрування даних – це ключові етапи для забезпечення ефективності та безпеки передачі даних. Алгоритми мають гарантувати мінімальні втрати якості даних і забезпечувати їх захист від несанкціонованого доступу.

7. Розробка користувацького інтерфейсу – потрібно створити інтерфейс, який буде зручним як для медичного персоналу, так і для пацієнтів, забезпечуючи простоту взаємодії з системою.

8. Створення повноцінної автоматизованої системи – на цьому етапі буде необхідно об'єднати всі розроблені компоненти в єдину робочу систему, що забезпечить віддалений контроль за станом пацієнта і дозволить коригувати процеси лікування в реальному часі.

Розробка такої системи вимагатиме комплексного підходу, включаючи технології збору медичних даних, їх обробки, передачі, захисту та інтерфейсу для користувача.

Висновки. У цьому розділі описано різноманітні фізичні та хімічні сигнали, які можна використовувати для моніторингу стану людини та оцінки її здоров'я. Особливу увагу приділено сенсорам, які дозволяють здійснювати безперервний моніторинг фізіологічних параметрів, таких як електричні сигнали (ЕЕГ, ЕКГ, ЕМГ), артеріальний тиск, температура, частота дихання та прискорення. Також розглянуто хімічні сигнали, які можна зібрати з рідин організму, таких як слина, кров, піт і сеча, що дають важливу інформацію про біохімічний стан людини.

Ці сигнали відіграють важливу роль у діагностиці, профілактиці захворювань і загальному моніторингу здоров'я. З розвитком технологій створюються портативні, точні та неінвазивні пристрої, які можуть зібрати дані в реальному часі, наприклад, у вигляді розумних браслетів або

інгестованих біосенсорів. Інтеграція таких технологій у медичну практику відкриває нові можливості для персоналізованої медицини.

Разом з тим, виникають технічні виклики, зокрема у забезпеченні точності вимірювань, енергозабезпеченні сенсорів і їх біосумісності. Розвиток новітніх біосенсорів і їх інтеграція з штучним інтелектом та Інтернетом речей дають змогу покращити ефективність моніторингу здоров'я, що може стати основою для майбутнього розвитку медицини і технологій діагностики.

2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Розроблена математична модель автоматизованої системи параметричного контролю стану пацієнта за групою показників: вимірювання артеріального тиску, температури тіла.

Розглянемо більш детально роботу сенсора для вимірювання артеріального тиску. Вимірювання, що здійснює сенсор – тонометр проводяться у фіксовані моменти часу t. За ініціалізацією u проводиться включення компресора, що нагнітає повітря до манжети. Датчик тиску починає вимірювати тиск. Одночасно включається датчик підрахунку ударів пульсу. Повітря нагнітається до тих пір, поки датчик ударів пульсу не перестане їх фіксувати. Після фіксації цього моменту компресор перестає нагнітати повітря до манжети. Через проміжок часу відкривається випускний електромагнітний клапан і починається викид повітря. При першому ударі пульсу проводиться вимірювання фактичного значення величини систолічного тиску, а у момент останнього удару діастолічного. Одночасно підраховується кількість ударів пульсу. Зафіксовані виміряні значення виводяться як три компоненти вихідного вектора Y.

Представимо модель в графічному редакторі, рисунок 2.1.

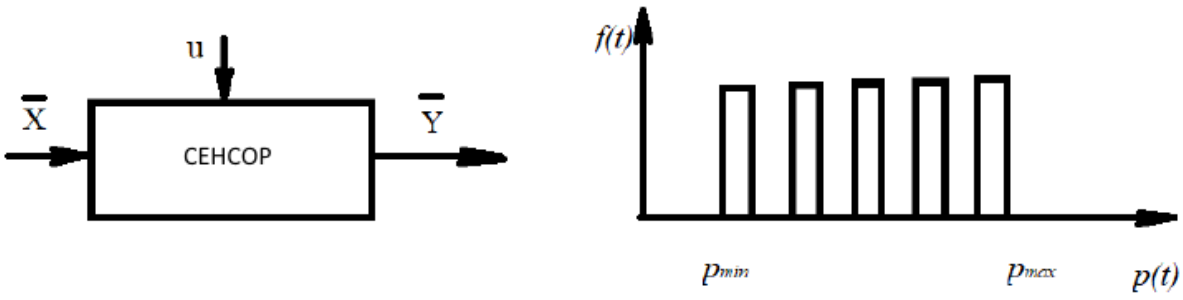


Рисунок 2.1 – Вхідні та вихідні параметри математичної моделі та графік вихідної функції

Введемо вхідну матрицю, що ініціює ініціалізацію:

$$u = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \tag{2.1}$$

Представимо модель роботи у період нагнітання повітря до манжети. Для цього, введемо позначення характеристик:

1. Компресор:

$$\mathrm{p}(t) = p_0 + at + bt^2 \tag{2.2}$$

2. Датчик тиску:

3.

$$p_{\text{д}}(t) = kp(t) \pm \Delta = k(p_0 + at + bt^2) \pm \Delta \tag{2.3}$$

4. Датчика ударів серця:

$$f_{\text{д}}(t) = af(t) \tag{2.4}$$

Введемо системний час i, за еталон часу візьмемо Δt, що визначено частотою роботи кварца ν.

$$\Delta t = \frac{1}{v};$$

$$i\Delta t = i\frac{1}{v};$$

$$i = \overline{1,n} \tag{2.5}$$

Визначимо найбільший тиск нагнітання компресором.

$$p_{max} = \{If\ f_{\text{д}}(t) = af(t) \leq \Delta_{\text{ПЧ}} THEN \qquad t\frac{i}{v}\ and$$

$$p_{max} = \left\{ p(t) = p_0 + at + bt^2 = p_0 + a\frac{i}{v} + b\left(\frac{i}{v}\right)^2 \right. \quad (2.6)$$

Тепер представимо представимо компоненти вектора Y:

5. Систолічний тиск

$$p_s = \left\{ p_д\left(\frac{i}{v}\right), if = p_д\left(\frac{i}{v}\right) < p_{max} and\ f_д > 0\ and\ i_{max} = i \right. \quad (2.7)$$

6. Діастолічний тиск

7.

$$p_д = \left\{ p_д\left(\frac{i}{v}\right), if = p_д\left(\frac{i}{v}\right) < p_{max} and\ f_д > 0\ and\ i_{min} = i \right. \quad (2.8)$$

8. Пульс

$$P = \frac{i_{max} - i_{min}}{60v} \quad (2.9)$$

Тепер вихідне вимірювання представимо

$$Y = \begin{bmatrix} p_s, 0, 0 \\ 0, p_д, 0 \\ 0, 0, \mathrm{P} \end{bmatrix} u^T = \begin{bmatrix} p_s \\ p_д \\ \mathrm{P} \end{bmatrix} = [p_s, p_д, \mathrm{P}]^{\mathrm{T}} \quad (2.10)$$

Отже, отримана математична модель дозволяє створити початкове розуміння майбутнього алгоритму роботи тонометра в рамках автоматизованої системи, а також забезпечує ґрунтовну основу для подальшої алгоритмізації процесів. Моделювання роботи автоматизованої системи параметричного контролю стану пацієнта, що базується на різних

показниках здоров'я, вимагає побудови відповідної моделі для електрокардіографа (ЕКГ).

Вимірювання, які проводить ЕКГ, здійснюються в певні фіксовані моменти часу, позначені як t. Для активації приладу використовується ініціалізація, позначена як u. При цьому можна розглядати електрокардіограф як «чорну скриньку», що отримує на вході певні сигнали і виводить результат. У цьому контексті для спрощення розглядається модель з трьома відведеннями. Вводиться чотиривимірна векторна функція, позначена як u, яка активує функцію входів X і виходів Y, що також розглядаються як чотиривимірні (3.11).

Графічно ця модель може бути зображена у вигляді схеми, яка допомагає наочніше показати взаємозв'язок між параметрами та процесами в системі, що може бути зручним для подальшої роботи з алгоритмами автоматизованого контролю стану пацієнта. Важливо, що для повної реалізації цієї моделі слід враховувати різноманітні параметри вимірювання, зокрема специфіку сигналів, отриманих від кожного з відведень, та можливість їх обробки для отримання точних результатів.

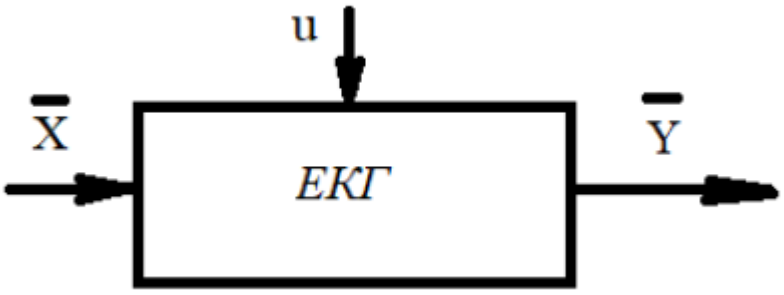


Рисунок 2.2 – Представлення моделі графічним способом

Таким чином отримуємо вектор функцію активації та функцію входів:

$$u = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \qquad X = \begin{bmatrix} X_1 - X_4 \\ X_2 - X_4 \\ X_3 - X_4 \\ 1 \end{bmatrix} \tag{2.11}$$

Розрахунок математичної моделі:

$$Y^T = \begin{bmatrix} \frac{\varepsilon_{1out}}{\varepsilon_{col}}(X_1 - X_4) \\ \frac{\varepsilon_{2out}}{\varepsilon_{col}}(X_2 - X_4) \\ \frac{\varepsilon_{3out}}{\varepsilon_{col}}(X_3 - X_4) \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1,0,0,0 \\ 0,1,0,0 \\ 0,0,1,0 \\ 0,0,0,i \end{bmatrix} =$$

$$= \left[\frac{\varepsilon_{1out}}{\varepsilon_{col}}(X_1 - X_4), \frac{\varepsilon_{2out}}{\varepsilon_{col}}(X_2 - X_4), \frac{\varepsilon_{3out}}{\varepsilon_{col}}(X_3 - X_4), i\right] \quad (2.13)$$

Висновки. У цьому розділі була розроблена математична модель для технологічного об’єкта. Отримана математична модель у вигляді вектора надає початкове розуміння майбутнього алгоритму роботи багатофункціонального пристрою моніторингу стану людини в автоматизованій системі та впроваджує ґрунтовність алгоритмізації.

3 СИНТЕЗУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Алгоритм роботи автоматизованої системи

Алгоритм роботи – це чітко визначена послідовність дій, яка описує процес виконання завдань для досягнення певної мети чи вирішення конкретної задачі. Він містить детальні кроки, враховуючи умови, обмеження та інші фактори, які можуть впливати на виконання процесу.

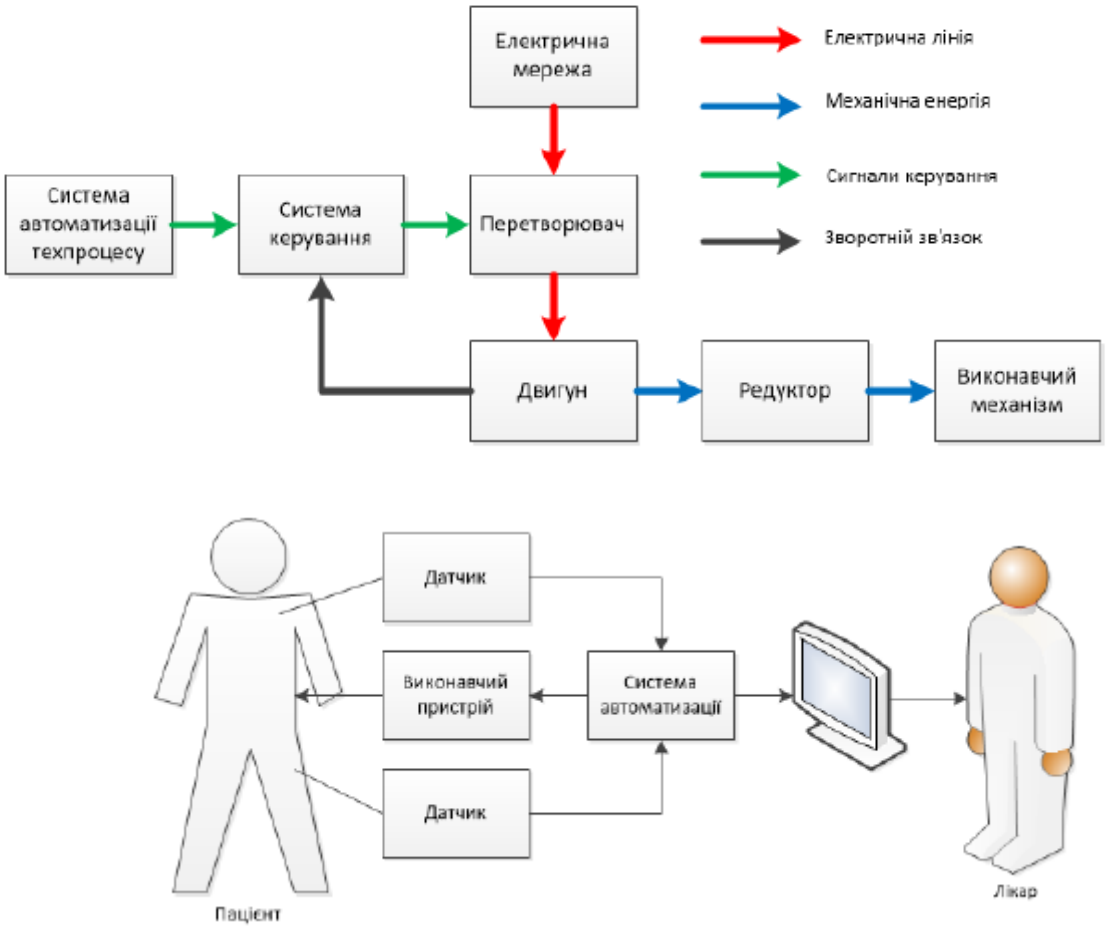


Рисунок 3.1 – Структурна схема автоматизованої системи моніторингу стану людини

Існує багато способів представлення алгоритмів, але одним із найефективніших і найпоширеніших є блок-схема.

За допомогою блок-схеми на рисунку 3.2 можна наочно зобразити алгоритм роботи системи параметричного контролю стану пацієнта.

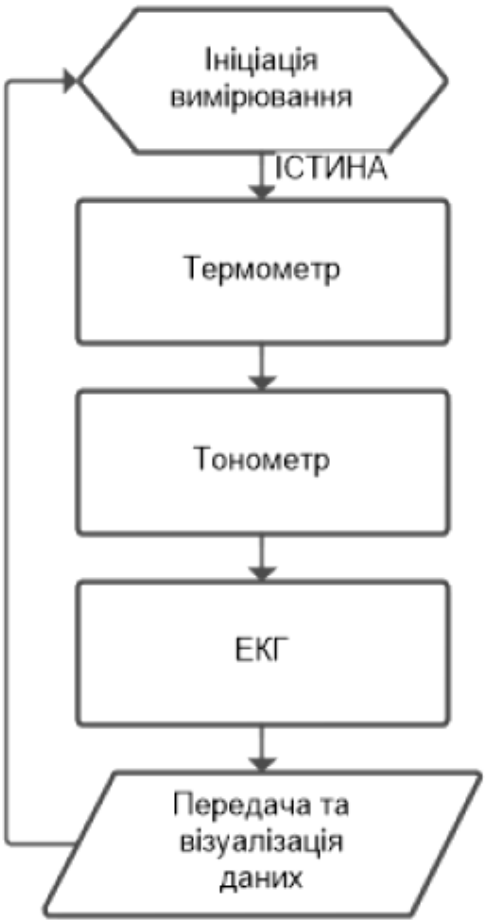


Рисунок 3.2 – Загальна блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи моніторингу стану людини

Загальна схема алгоритму ілюструє роботу системи в цілому, де основним етапом є постійне очікування сигналу для запуску вимірювання. Після отримання відповідного сигналу система виходить зі стану очікування та переходить у режим роботи. У цей момент активуються підсистеми, такі як термометр, тонометр та ЕКГ.

Далі наведено блок-схему роботи термометра, зображену на рисунку 3.3, яка відображає його послідовність дій.



Рисунок 3.3 – Блок-схема алгоритму роботи термометру

При аналізі алгоритму можна відзначити його простоту та помірний рівень деталізації, що відповідає поставленій задачі.

Наступною підсистемою, яку слід розглянути, є система вимірювання тиску та пульсу, позначена на загальній блок-схемі як «Тонометр» (рис. 3.1). Ця підсистема має більш складну архітектуру, тому розробка її алгоритму є детальнішою та вимагає більшої уваги. Підсумковий алгоритм представлений у вигляді блок-схеми на рисунку 3.4.

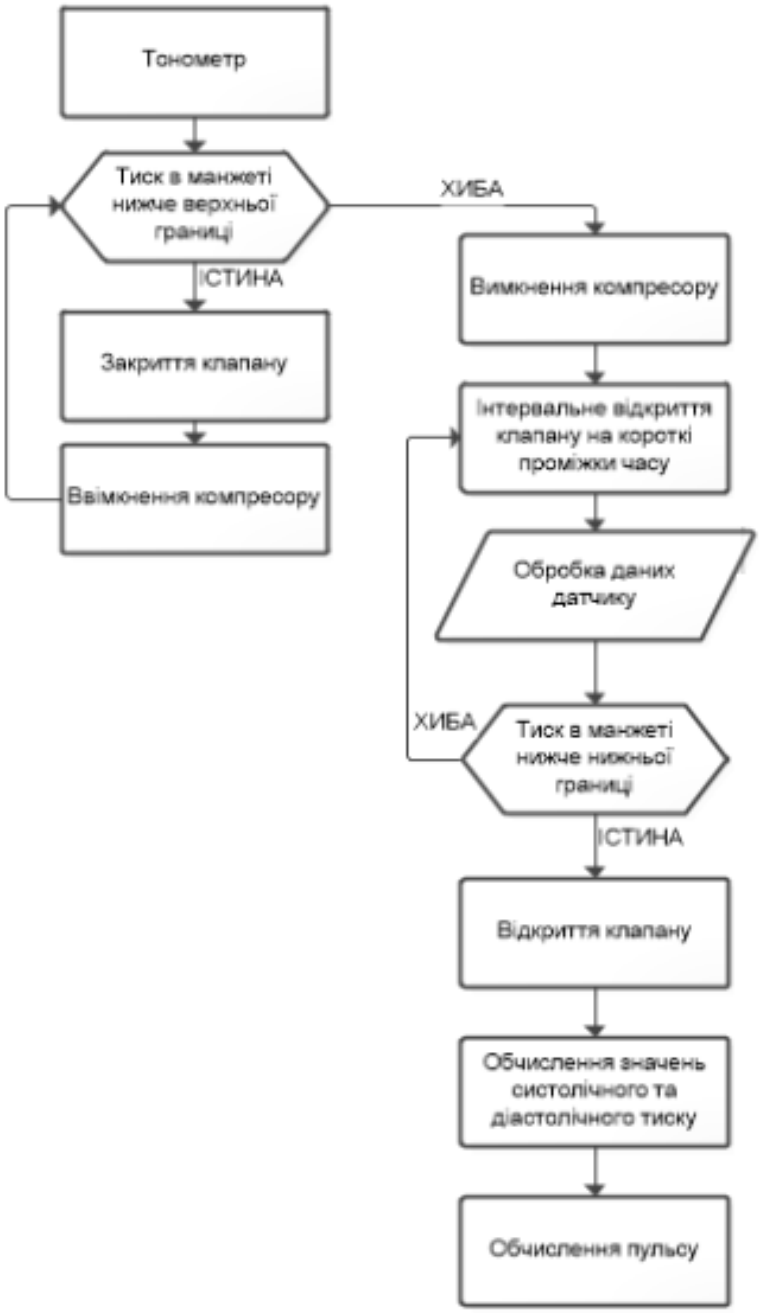


Рисунок 3.4 – Блок-схема алгоритму роботи тонометру

З наведеного вище алгоритму видно, що процес роботи умовно поділяється на 3 етапи:

1. Заповнення манжети повітрям за допомогою компресору.

2. Безпосередньо вимірювання значень.

3. Обчислення та інтерпретація даних.

Блок-схема алгоритму роботи ЕКГ наведена на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Блок-схема алгоритму роботи ЕКГ

3.2 Структура автоматизованої схеми моніторингу стану людини

Виділяють два основні типи архітектур передачі даних:

– дротова;

– бездротова.

Переваги дротової передачі:

– висока швидкість передачі даних, яка перевершує бездротові аналоги;

– стійкість до перешкод, що забезпечує стабільну якість сигналу та швидкість;

– надійність з'єднання, адже дротові мережі менш схильні до збоїв чи втрати даних.

Недоліки дротової передачі:

– обмежена мобільність, оскільки пристрої повинні бути фізично підключені до мережі;

– менш гнучке налаштування, адже зміни у мережі потребують прокладання чи перенесення кабелів;

– обмежена дальність передачі, що вимагає використання додаткових технологій, таких як оптоволоконні кабелі чи підсилювачі.

Переваги бездротової передачі:

– висока мобільність, адже пристрої не залежать від кабельного підключення;

– гнучкість у налаштуванні, оскільки підключення можна легко змінювати без фізичних обмежень;

– можливість передачі даних на великі відстані без необхідності встановлення додаткового обладнання.

Недоліки бездротової передачі даних:

- нижча швидкість передачі, у порівнянні з дротовим підключенням;
- чутливість до перешкод, які можуть впливати на якість сигналу та швидкість передачі;
- менша надійність зв’язку, оскільки бездротові мережі частіше зазнають збоїв, особливо на великих відстанях або за слабкого сигналу;
- підвищене енергоспоживання, що може скоротити час роботи пристроїв на батареї, особливо мобільних.

При виборі між дротовою та бездротовою передачею даних слід враховувати їхні переваги, недоліки та відповідність конкретним вимогам і умовам використання. Наприклад, дротова мережа підходить для стаціонарних пристроїв, таких як комп’ютери або телевізори, які не потребують мобільності. У той же час бездротова передача є більш зручною для мобільних пристроїв, як-от смартфони чи планшети, які потребують гнучкості у підключенні.

Аналізуючи ці характеристики, перевага віддається бездротовій структурі.

На основі вибраного типу мережі розроблено структурну схему автоматизованої системи контролю стану пацієнта, що зображена на рисунку 3.6.

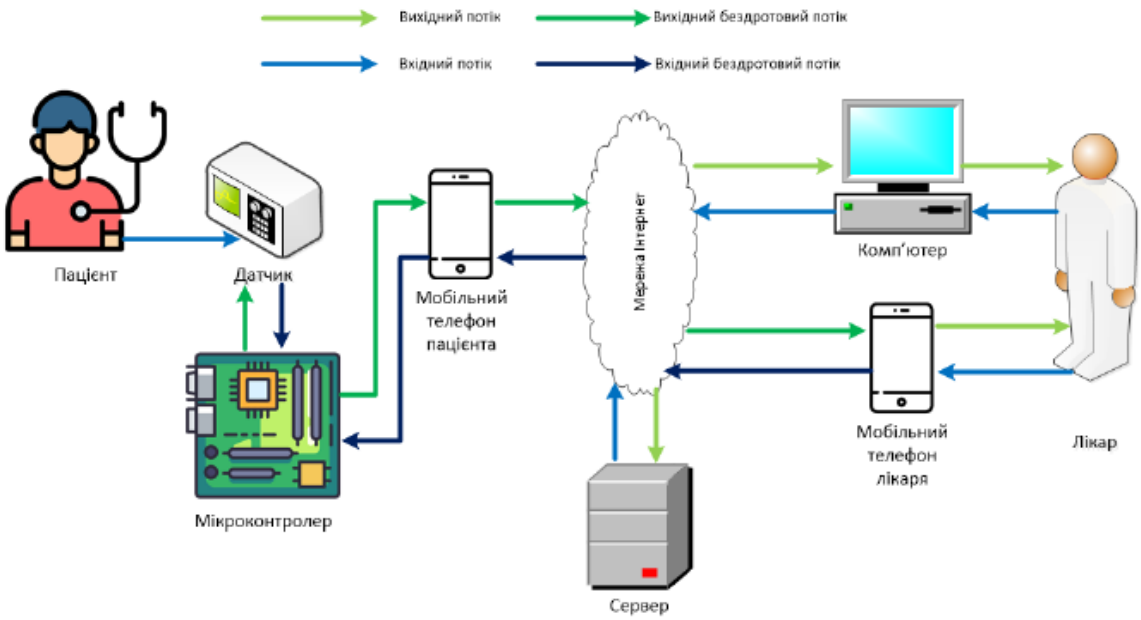


Рисунок 3.6 – Структурна схема АС моніторингу стану людини

Відповідно до рисунка 3.6 система автоматизованого контролю стану пацієнта організована таким чином:

1. До пацієнта, який перебуває під наглядом лікаря, підключено набір датчиків для моніторингу його стану (наприклад, датчики ЕКГ, температури чи тиску). Ці датчики передають зібрані дані до мікроконтролера, який є центральним елементом обробки інформації. Мікроконтролер за допомогою бездротової технології (наприклад, Bluetooth чи Wi-Fi) підключений до мобільного телефону пацієнта.

2. Дані, отримані від датчиків, передаються через мобільний телефон пацієнта на сервер за допомогою інтернет-з'єднання. На сервері інформація обробляється, зберігається і стає доступною для лікаря через вебзастосунок. Лікар може отримувати доступ до вебзастосунку як зі свого мобільного пристрою (смартфона чи планшета), так і зі стаціонарного комп'ютера.

3. Система також підтримує зворотний зв'язок. Лікар у режимі реального часу може переглядати покази датчиків, підключених до пацієнта, та за необхідності передавати команди через вебзастосунок. Наприклад, лікар може ініціювати додаткові вимірювання, змінювати налаштування роботи датчиків або отримувати сповіщення про критичні показники здоров’я.

4. Додатково система може бути оснащена функціями автоматичного аналізу даних на сервері для виявлення аномалій, які потребують негайної уваги лікаря. Це забезпечує оперативність і підвищує точність контролю стану пацієнта, особливо в критичних ситуаціях.

Завдяки такій архітектурі система є ефективним інструментом для дистанційного моніторингу стану пацієнта, що особливо актуально в умовах обмеженого доступу до медичних закладів або для пацієнтів, які перебувають вдома.

3.3 Апаратна реалізація автоматизованої системи

Мікроконтролер обрано Arduino Uno, який зображено на рисунку 3.7.

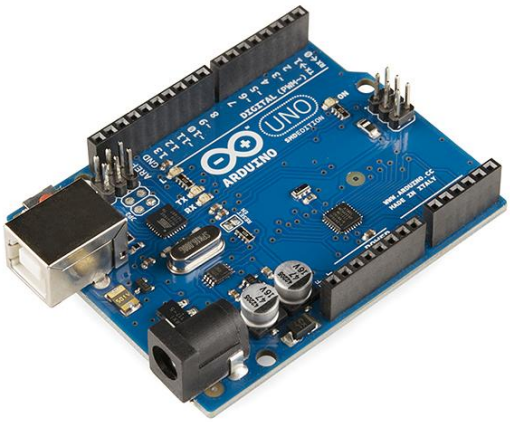


Рисунок 3.7 – Мікроконтролер Arduino Uno [35]

Для забезпечення бездротового з’єднання було обрано Bluetooth, для реалізації даного протоколу обрано модуль HC-06, який зображено на рисунку 3.8.

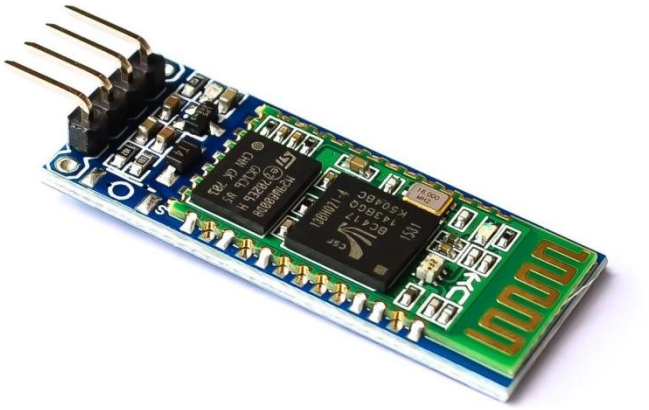


Рисунок 3.8 – Bluetooth модуль HC-06

Відповідно до структури автоматизованої системи, для електрокардіографії обрано модуль ЕКГ AD8232, що зображено на рисунку 3.9.

Модуль включає в себе:

– основну плату;

– комплект з трьох самоклеючих електродів;

– кабель для підключення електродів до плати.



Рисунок 3.9 – Модуль ЕКГ AD8232

Схема підключення модулів до МК зображена на рисунку 3.10.

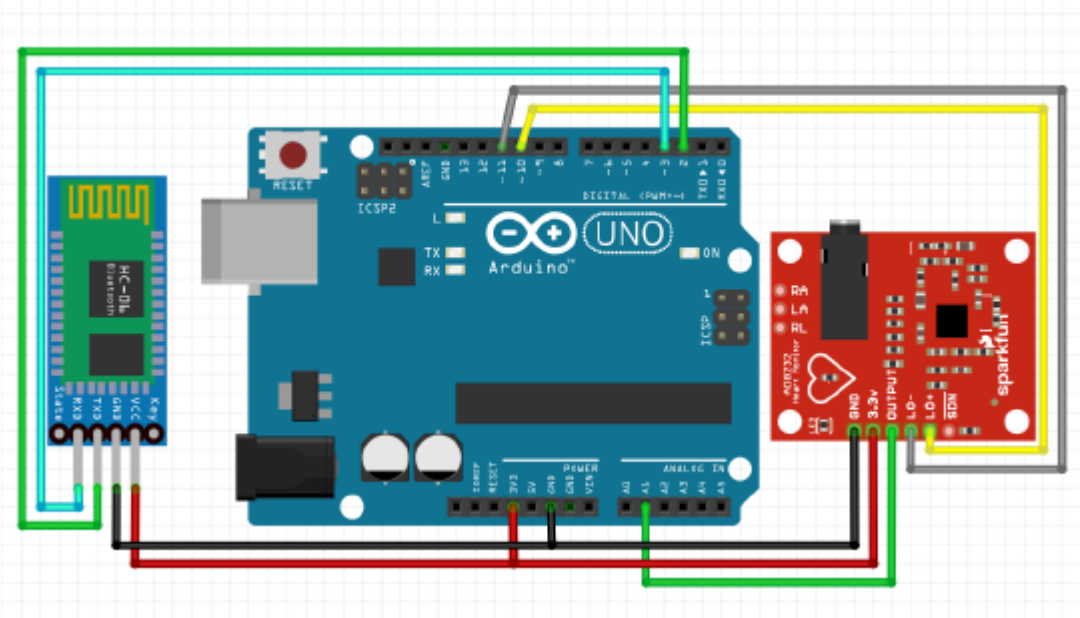


Рисунок 3.10 – Підключення модулів HC-06 та AD8232 до МК

Наступним етапом є створення пристрою для фонометричних вимірювань. Для реалізації було вирішено використати датчик тиску MPX2050GP (рис. 3.11). Цей датчик чудово підходить для поставлених завдань, оскільки його робочий діапазон вимірювань охоплює значення як систолічного, так і діастолічного тиску, забезпечуючи необхідну точність і надійність.



Рисунок 3.11 – Датчика тиску MPX2050GP

Також на даному датчику відносно невелика похибка. Детальні характеристики датчика вказані в таблиці 3.1. Також за інформацією з офіційного сайту розробника, датчик тиску цілком можна використовувати в медицині.

Таблиця 3.1 – Технічні параметри датчика тиску MPX2050GP

Параметр	Значення параметра
Робочий тиск	50 кПа (375,03 мм. рт. ст.)
Вихідна напруга	0 мВ ~ 40 мВ (при напрузі живлення 10 В)
Напруга живлення	10В ~ 16В
Особливості	Компенсується температура (макс. +125 °C)
Чутливість	0,8мВ/кПа (при напр. живлення 10 В)
Максимальний тиск	29,01PSI (200 кПа)

Оскільки діапазон вихідної напруги датчика MPX2050GP становить лише від 0 до 40 мВ, а максимальний тиск у манжеті, який планується використовувати, становить 180 мм рт. ст. (що відповідає 19,2 мВ на виході датчика), виникає проблема з фіксацією осциляцій тиску. Такий малий сигнал не дозволяє якісно відобразити коливання тиску в манжеті.

Щоб сигнал, поданий на АЦП, був достатньо сильним і осциляції тиску можна було чітко розрізнити, його необхідно підсилити. Для цього потрібен підсилювач сигналу, який збільшуватиме амплітуду вихідного сигналу.

Розраховано, що сигнал потрібно підсилити приблизно в 200 разів, щоб діапазон від 0 до 20 мВ перетворився на 0 до 4 В. Для цієї задачі обрано операційний підсилювач AD620, який відповідає необхідним вимогам. Його схематичне зображення наведено на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – Операційний підсилювач AD620

Операційний підсилювач AD620 має кілька переваг, таких як простота використання, хороші характеристики вихідного сигналу та широкий діапазон напруги живлення. В технічних характеристиках зазначено, що коефіцієнт підсилення можна налаштувати за допомогою резистора, який підключається між відповідними виходами підсилювача. Це дозволяє точно відрегулювати рівень підсилення сигналу.

Після підсилення, постійна і змінна складові сигналу передаються на аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Для цього приладу було вибрано АЦП ADS1115, який представлений на рисунку 3.13. Це АЦП має високу точність та підтримує необхідні характеристики для подальшої обробки сигналу.

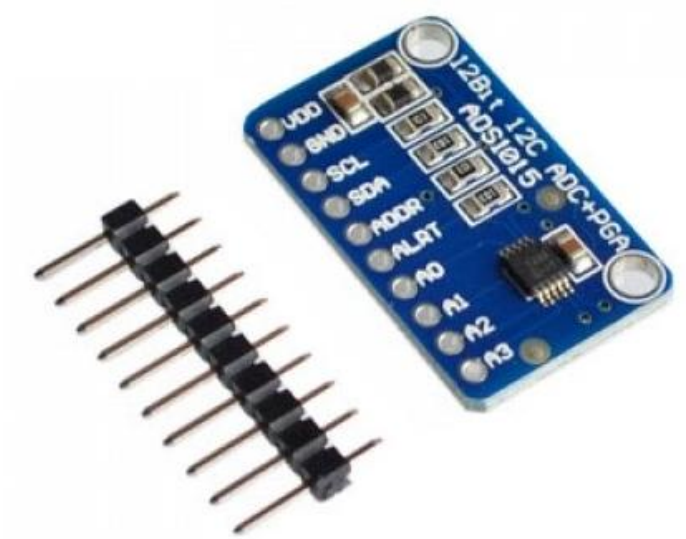


Рисунок 3.13 – Аналого-цифровий перетворювач ADS1115

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) ADS1115 має роздільну здатність 16 біт, що дозволяє отримати максимальне значення 32767. Це значення відповідає 3,3 В, що дозволяє точно вимірювати напругу з великою деталізацією. Для порівняння, вбудований АЦП в Arduino має лише 10 біт, що дає можливість отримати тільки 1024 різних значення. Після перетворення сигналу в зручний формат, він передається на мікроконтролер для подальшої обробки. Компресор зображений на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 – Компресор KPM14A

Для управління тиском у системі було обрано компресор KPM14A, який використовується для нагнітання повітря в манжету та регулювання рівня тиску. Також в приладі будемо використовувати клапан JQF1. Цей компонент малий по габаритам, також має низьку напругу живлення, доволі точно керується сигналом, і добре ізолює тиск в системі. Технічні характеристики клапану вказані в таблиці 3.2 і зображення клапану показане на рисунку 3.15.

Таблиця 3.2 – Технічні параметри компресору KPM14A

Параметр	Значення параметра
Робочий тиск	< 300 мм рт. ст.
Герметичність	< 3 мм рт. ст./мин
Номінальна напруга	3 В
Номінальний струм	75 мА
Номінальна потужність	0,225 Вт



Рисунок 3.15 – Клапан JQF1

Управління компресором та клапаном здійснюється через польовий NPN транзистор. Керуючий сигнал подається на базу емітера транзистора. Коли значення цього сигналу велике (логічний рівень 1), транзистор проводить струм, замкнувши коло, що дозволяє компресору нагнітати повітря, а клапану – закриватися.

На схемі також присутній діод, підключений паралельно до компресора. Його роль полягає в захисті транзистора та мікроконтролера від можливих пошкоджень, що можуть виникнути під час зупинки двигуна компресора. Коли двигун зупиняється, на обмотках може виникати електромагнітна сила самоіндукції (ЕРС), що викликає стрибки напруги. Діод дозволяє згладити ці стрибки, запобігаючи пошкодженню транзистора і контролера.

Для контролю температури пацієнта був обраний прецизійний низьковольтний датчик температури DS18B20 – цифровий температурний сенсор з інтерфейсом 1-Wire. Він дуже популярний завдяки своїй точності (±0,5°C), простоті підключення і здатності працювати на великій відстані від мікроконтролера.

Датчик представлений на рисунку 3.16.



Рисунок 3.16 – Датчик температури DS18B20

Цей датчик має широкий діапазон температур (від -55°C до +125°C), що робить його універсальним. Згідно з технічними характеристиками, опублікованими на сайті розробника, цей датчик забезпечує високу точність вимірювань і не потребує калібрування.

3.4 Програмне забезпеченнях датчиків

Програмування мікроконтролера та датчиків полягає у створенні коду, який дозволяє керувати мікроконтролером і отримувати дані з підключених до нього датчиків.

Щоб перевірити, чи правильно працює модуль вимірювання серцевого ритму AD8232, і виконати його налаштування, можна скористатися базовим кодом, наданим розробниками цього модуля.

```
void setup()
{
Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
if((digitalRead(10) == 1)||(digitalRead(11) == 1))
{
Serial.println('!');
}
else{
Serial.println(analogRead(A0));
}
delay(1);
     }
```

Програмний код для модуля серцевого ритму AD8232 налаштовує підключення пінів модуля до плати Arduino Uno, перевіряє підключення всіх трьох електродів до пацієнта та виводить отримані дані в монітор порту. Використовуючи функцію «Графік за послідовним підключенням» в середовищі Arduino IDE, ці дані можна відобразити у вигляді графіка ЕКГ.

Для тонометричних вимірювань за допомогою математичної моделі та алгоритму застосовується код, наведений у додатку А1. У цьому коді обробляються ключові показники:

- P_MAX – максимальний тиск, створений компресором;
- P_MIN – мінімальний тиск компресора;
- P_D – діастолічний тиск;
- P_S – систолічний тиск;
- P – пульс.

Під час виконання програми дані опрацьовуються та виводяться в монітор порту за допомогою команди Serial.println('). У моніторі порту можна побачити як процес вимірювань, так і отримані значення.

Розробка коду для термометра не є складною, оскільки рекомендований виробником код забезпечує стабільну та коректну роботу пристрою. Як і в інших випадках, результати виводяться в монітор порту.

Код програми термоментра:

```
#define sensorPin A0
void setup()
{
Serial.begin(9600);
analogReference(INTERNAL);
}
void loop()
{
int reading = analogRead(sensorPin);
float voltage = (reading * 1.1) / 1024.0;
float temperatureC = (voltage - 0.5) * 100 ;
Serial.print(voltage);
Serial.println(" volts");
Serial.print(temperatureC);
Serial.println(" degrees C");
delay(1000);
}
```

3.5 Бездротова технологія передачі даних і серверна частина

Впровадження бездротової передачі даних зі смартфону на Arduino Uno слід розпочинати з підключення Bluetooth-модуля до МК та створення скретча для перевірки адекватності роботи. Для виконання даного завдання можна використовувати приведений нижче програмний код, який обробляє введене значення в Bluetooth-терміналі смартфона та відповідно до отриманого значення вмикатиме вбудований в плату світлодіод.

```
int value;
int LED = 13;
void setup()
{
Serial.begin(9600);
pinMode(LED, OUTPUT);
}
void loop()
{
if (Serial.available())
{
value = Serial.read();
if (value == '1')
{
digitalWrite(LED, HIGH);
Serial.println("On");
}
if ( value == '0')
{
digitalWrite(LED, LOW);
Serial.println("Off");
}
}
}
```

Після завантаження скетчу, підключаємось до МК та запускаємо термінал на смартфоні, на рисунку 3.17 відображено як виглядає підключення.



Рисунок 3.17 – Bluetooth-термінал при підключенні МК

Перевірка коректності та функціональності цього рішення дозволяє розробити програмний код для ініціалізації параметричних вимірювань стану пацієнта, який буде здійснюватися відповідно до команд, що надходять зі смартфона.

Висновки. У результаті дослідження автоматизованої системи моніторингу стану пацієнта було розроблено алгоритм роботи та структуру системи, що дозволяє ефективно відстежувати показники здоров’я в реальному часі. Перевага бездротових технологій у забезпеченні гнучкості та мобільності, а також використання сучасних мікроконтролерів та датчиків, гарантують високу точність вимірювань і надійність з'єднання. Апаратна реалізація системи, зокрема, вибір компонентів та програмне забезпечення, забезпечує стабільну роботу при різних умовах, що робить систему перспективною для використання в медичних закладах та вдома для пацієнтів.

4 РОЗРОБКА WEB-ЗАСТОСУНКУ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛЮДИНИ

4.1 Процес створення сервісу моніторингу стану людини

Розробка веб-сайтів і мобільних застосунків включає багато етапів. На кожному з них потрібна експертність та спеціальні знання певного профілю.

Розробка сайту поділяється на декілька етапів:

- постановка задачі;
- опрацювання та затвердження технічного завдання;
- розробка макету дизайну сайту;
- верстка сторінок;
- програмування функціональної частини;
- просування сайтів та наповнення контентом;
- тестування та наступне налаштування;
- внесення поправок.

В даній випускній кваліфікаційній роботі детально розглянуті перші 5 етапі створення сервісу моніторингу стану людини, перші два з який були описані в попередніх розділах.

4.2 Розробка макету дизайну сайту

Розробка дизайну сайту починається з прототипування. Це схематичне розташування блоків. Прототипування робиться у тому, щоб побачити головні елементи сторінок, структуру сайту. Якщо на даному етапі все влаштовує, розробляється повноцінний дизайн. Тільки на цьому етапі веб-дизайнер змальовує макети. Він ґрунтується на технічному завданні та відштовхується від усієї концепції сайту.

Основні елементи розробки дизайну:

– стиль – сайт розробляється у попередньо вибраному стилі, не допускається змішання різних елементів, що обов'язково помітить відвідувач;

– структура – застосування модульної сітки зробить вміст помітним та простим, адже добре структурована інформація сприймається користувачем легше;

– об'єкти заклику до дії – кнопки, які закликають зробити покупку, оформити передплату, зв'язатися з організацією, повинні впадати у вічі.

Коли дизайн затверджується, він передається на верстання.

На рисунку 4.1 наведені дизайн розробленого сервісу моніторингу стану людини.



Рисунок 4.1 – Дизайн розробленого сервісу моніторингу стану людини.

4.3 Верстка сторінок сервісу моніторингу стану людини

Наступний етап створення – верстка або створення структури HTML-коду. Для верстки сайту використовуються текстові чи графічні програми.

Грамотна верстка має бути:

– мобільна адаптація сервісу – адекватна робота та відображення

усіх компонентів сервісу на мобільних пристроях;

– кросбраузерний – правильне відображення ресурсу в популярних браузерах;

– валідний – відповідність CSS-/HTML-коду зі стандартами W3C.

4.4 Програмування

Процес програмування – етап, що пов'язує систему управління, дизайн та інтерфейс сайту. Також «реалізується» логіка порталу, прописуються алгоритми взаємодії користувача із сайтом та взаємозв'язку сторінки із зовнішніми ресурсами. Тобто, на цій стадії розробки дизайн-макет трансформується на повноцінний сайт.

Для того, щоб веб-сайт працював з максимальною ефективністю, веб-розробка повинна проводитися з урахуванням можливого максимального навантаження, його структури та організації роботи, а також інших технічних особливостей, здатних внести помітні корективи у стабільність функціонування системи. Від цього залежить не тільки відвідуваність та зручність користування веб-ресурсом, але й безпека конфіденційних даних.

Тому особливе значення має те, яка мова програмування буде використовуватися при розробці. Процес програмування поділяється на дві складові частини, що тісно взаємодіють один з одним – серверну (Backend) і користувальницьку (Frontend).

Frontend – це публічна частина web-додатків, з якою користувач може взаємодіяти та контактувати безпосередньо. У Frontend входить відображення функціональних завдань, інтерфейсу користувача, що виконуються на стороні клієнта, а також обробка користувальницьких запитів. По суті, фронтенд це все те, що бачить користувач при відкритті web-сторінки.

Backend – це програмно-апаратна частина проекту, Frontend ж є клієнтською стороною інтерфейсу користувача до програмно-апаратної частини проекту, до бекенду. Тобто бекенд – це все те, що відбувається на стороні сервера і що залишається невидимим користувачеві (сам сервер теж є частиною бекенда, тільки апаратною).

Для серверної частини (backend) було обрано мову Java, яка входить у трійку лідерів найпопулярніших мов програмування (рис. 4.2). Java є строго типізованою об'єктно-орієнтованою мовою програмування загального призначення, яка розроблена компанією Sun Microsystems.

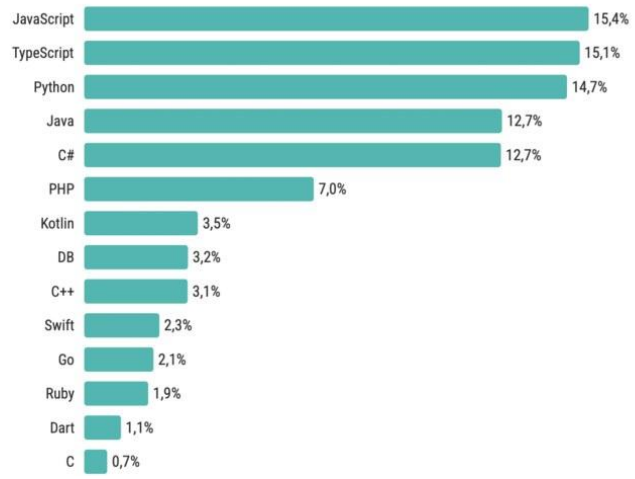


Рисунок 4.2 – Найбільш затребувані мови програмування у 2024 р.

Java – універсальна мова програмування, яка має наступні переваги:

– кросплатформеність. Java має спеціальну програму, яка виконує код. Це віртуальна машина Java, або Java Virtual Machine. Якщо програмний код написано один раз, то він працює з будь-якою апаратною платформою або операційною системою: від смарткарт до застосунків для розумних будинків;

– надійність. Мова Java строго типізована. Тобто будь-яка змінна або вираз має певний тип вже на момент компіляції, що спрощує виявлення якихось проблем. Компілятор сам підказує програмістові, де той припускається помилки;

– об’єктно-орієнтованість. Усі бібліотеки, написані колись для Java – це класи, які відповідають за функціональність мови. Будь-який застосунок на Java – це набір класів, що описують різні об’єкти. Це добре, тому що дозволяє створювати складні, але прості у підтримці програми. І в цілому Java – мультипарадигменна мова, тобто підтримує безліч принципів програмування, що дозволяє ефективно вирішувати різні завдання;

– відносна простота. Функціональність мови оновлюється повільно, тому можна легко переходити на нові версії. Java – строго типізована мова, значить є можливість побачити помилку в коді при компіляції;

– гнучкість. На Java можна розробити програму будь-якої складності.

Тому на думку багатьох експертів сьогодні Java є однією з надійних і зручних мов не лише для розробників, а й для замовників.

Для публічної частини розробки (frontend) було обрано Angular.

Angular – це фреймворк (framework) з відкритим вихідним кодом, який підтримує Google. Вперше розроблений у 2010 році як AngularJS, фреймворк оновлювався майже щороку за архітектурою, синтаксисом та продуктивністю, щоб працювати без збоїв з усією екосистемою JavaScript. Остання версія, Angular 10, була випущена у червні 2020 року. Це один із найпопулярніших інструментів розробки програмного забезпечення. Згідно з опитуванням StackOverflow 2019 року, 30,7% розробників ПЗ застосовують AngularJS і нову версію Angular 2+ для створення інтерфейсів користувача. З початку 2019 року ком'юніті Angular зросло на 50% порівняно з 2018 роком, як зазначено у NG-Conf 2019.

Переваги Angular включають:

1. Детальна документація. Розробники можуть швидко знаходити технічні рішення і вирішувати проблеми, що виникають.

2. Підтримка Google. Той факт, що Angular розробив Google – перевага сама по собі. Для багатьох розробників це знак якості та надійності фреймворку.

3. Багата екосистема сторонніх компонентів. Популярність Angular призвела до появи тисяч додаткових інструментів та компонентів, які можна використовувати у додатках. Завдяки цьому отримати додаткову функціональність та підвищити продуктивність.

4. Компонентна архітектура У другій версії Angular перейшов від MVC до компонентної архітектури. Відповідно до неї, додатки поділяються на незалежні логічні та функціональні компоненти. Їх можна легко замінити та роз'єднати, а також повторно використовувати в інших частинах програми. Така незалежність спрощує тестування веб-програми та гарантує безперебійну роботу всіх компонентів.

5. Компілятори Angular AOT. Він конвертує TypeScript і HTML у JavaScript у процесі збирання. Це означає, що код компілюється до того, як браузер завантажує веб-програму, тому він відображається набагато швидше. Компілятор AOT також набагато безпечніший, ніж компілятор JIT.

6. Angular Universal. Це метод генерації HTML-шаблонів на сервері, що дає кілька переваг. По-перше, він допомагає веб-краулерам підвищити рейтинг програми у пошукових системах. По-друге, скорочує час завантаження сторінки та підвищує продуктивність на мобільних пристроях. Ці плюси призводять до зростання кількості користувачів.

7. Інфраструктура CLI. Вона автоматизує весь процес розробки, максимально спрощуючи ініціалізацію, налаштування та розробку додатків. Інтерфейс командного рядка Angular дозволяє створювати новий проект Angular, додавати до нього функції та запускати модульні та наскрізні тести за допомогою кількох простих команд. Це не лише підвищує якість коду, а й значно полегшує розробку.

8. Ivy Renderer. Функція Ivy Renderer переводить компоненти та шаблони програми до коду JavaScript, який може відображатися у браузері. Основна характеристика цього інструменту – техніка «струшування дерева». Під час рендерингу Ivy видаляє код, що не використовується,

зменшуючи розмір пакета. В результаті веб-програми завантажуються швидше.

Отже, обрані мови програмування забезпечать стабільну взаємодію frontend і backend. Процес взаємодії наступний: frontend відправляє інформацію користувача в backend; інформація обробляється; інформація повертається назад, прийнявши цілісну форму та виконавши опрацьований запит. Він буде детально описаний далі.

4.5 Обґрунтування вибору баз даних і системи безпеки

Для розробки сервісу пошуку роботи використовуємо реляційну базу даних MariaDB – система керування базами даних, яка поширюється під вільною та відкритою ліцензією GNU GPL. Кілька «pods» підключені до цієї бази даних. «Pod» – це екземпляр (наприклад, розроблений у java), який працює для отримання та збереження інформації в базі даних.

Головні переваги MariaDB – стабільна робота, розширені можливості, максимальне і використання ресурсів процесора:

1. У MariaDB додані оптимізації, що підвищують продуктивність СУБД у порівнянні з оригінальним MySQL.

2. Уявлення. У частині продуктивності уявлень у MariaDB проведена суттєва оптимізація. «Уявлення» – це, по суті, віртуальні таблиці бази даних, до яких можна звертатися, як до звичайних таблиць бази даних. MariaDB, запитуються тільки ті таблиці, які необхідні для запиту.

3. Колонкове сховище. MariaDB надає ще одне потужне покращення продуктивності, що досягається за допомогою нового типу таблиць, представлених не у формі рядкового сховища, а у формі колонкового сховища. Колонкові сховища часто використовують у аналітиці великих даних. MariaDB дозволяє масштабувати сховище даних до петабайтного розміру, забезпечуючи лінійне підвищення продуктивності запитів до даних, що зберігаються при додаванні нових серверів.

4. Вища продуктивність на SSD. MariaDB надає механізм зберігання MyRocks, який дозволяє зберігати дані у RocksDB. RocksDB – це вбудована база даних, яка була розроблена для підвищення продуктивності обробки даних, що зберігаються на SSD-накопичувачах.

5. Сегментований кеш ключів. MariaDB представляє ще одне покращення продуктивності – сегментований кеш ключів. У типовому кеші різні потоки конкурують за блокування кешованого запису. Коли кілька потоків конкурують за м'ютекс, тільки один з них може отримати його, тоді як іншим доводиться чекати на звільнення блокування перед виконанням операції. Це призводить до затримок виконання цих потоках, уповільнюючи продуктивність бази даних. У разі сегментованого кеша ключів потоку не потрібно блокувати всю сторінку, але він може блокувати лише той сегмент, до якого належить сторінка. Це допомагає кільком потокам працювати паралельно, збільшуючи паралелізм у додатку, що призводить до підвищення продуктивності бази даних.

6. Віртуальні стовпці таблиці. Цікава функція, яку підтримує MariaDB – це віртуальні стовпці. Ці стовпці здатні виконувати обчислення лише на рівні бази даних. Це дозволяє перенести типові обчислення із додатків на сервер СУБД.

7. Паралельне виконання запитів. Одна з останніх версій MariaDB – 10.0 допускає паралельне виконання кількох запитів. Ідея у тому, деякі запити від Master може бути передані виконання на ведені сервери (slave). Цей паралелізм у виконанні запитів, безумовно, забезпечує MariaDB перевагу над MySQL.

8. Пул потоків. MariaDB також представляє нову концепцію під назвою «Thread Pooling». Раніше, коли потрібно кілька з'єднань з базою даних, для кожного з'єднання відкривався потік, що призводило до архітектури «один потік на з'єднання». З використанням Thread Pooling використовується пул потоків, які можуть повторно використовуватися.

Таким чином, новий потік не потрібно відкривати для кожного нового запиту на підключення, що призводить до більш швидких результатів.

9. Бекенди зберігання даних. MariaDB надає кілька потужних механізмів зберігання, наприклад, XtraDB, Aria і т. д.

10. Сумісність. MariaDB гарантує, що MariaDB зможе замінити MySQL у існуючих додатках. Фактично для кожної версії MySQL вони випускають той же номер версії MariaDB, щоб вказати, що MariaDB зазвичай сумісна з версією MySQL. Це відкриває можливість безперешкодного переходу на MariaDB без будь-яких змін у кодовій базі програми.

Наша система заснована на середовищі Kubernetes, у цій системі багато модулів взаємодіють між собою (за допомогою зв’язку SSL), і кожен модуль виконує одну або кілька функцій.

Kubernetes – це платформа з відкритим вихідним кодом для управління контейнеризованими робочими навантаженнями та супутніми службами. Її основні характеристики – кросплатформенність, розширюваність, успішне використання декларативної конфігурації та автоматизації. Вона має гігантську, швидкопрогресуючу екосистему.

На рисунку 4.3 наведена архітектура системи розгортання на платформі Kubernetes.

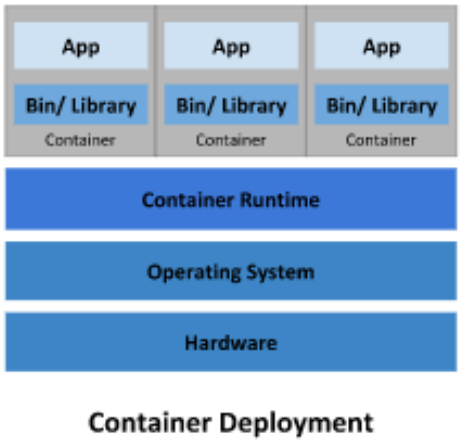


Рисунок 4.3 – Архітектура контейнерного розгортання на платформі Kubernetes

Контейнери схожі на VM, але мають спрощений варіант ізоляції і використовують спільну операційну систему для усіх застосунків. Саме тому контейнери вважаються «легкими», в порівнянні з віртуальними. Подібно до VM, контейнер має власну файлову систему, ЦПУ, пам'ять, простір процесів тощо. Оскільки контейнери вивільнені від підпорядкованої інфраструктури, їх можна легко переміщати між хмарними провайдерами чи дистрибутивами операційних систем.

Переваги Kubernetes:

1. Виявлення сервісів та балансування навантаження Kubernetes може надавати доступ до контейнера, використовуючи DNS-ім'я або його власну IP-адресу. Якщо контейнер зазнає завеликого мережевого навантаження, Kubernetes здатний збалансувати та розподілити його таким чином, щоб якість обслуговування залишалась стабільною.

2. Оркестрація сховища інформації Kubernetes дозволяє вам автоматично монтувати системи збереження інформації на ваш вибір: локальні сховища,

3. рішення від хмарних провайдерів тощо.

4. Автоматичне розгортання та відкатування За допомогою Kubernetes ви можете описати бажаний стан контейнерів, що розгортаються, і він регульовано простежить за виконанням цього стану. Наприклад, ви можете автоматизувати в Kubernetes процеси створення нових контейнерів для розгортання, видалення існуючих контейнерів і передачу їхніх ресурсів на новостворені контейнери.

5. Автоматичне розміщення задач Ви надаєте Kubernetes кластер для запуску контейнерізованих задач і вказуєте, скільки ресурсів ЦПУ та пам'яті (RAM) необхідно для роботи кожного контейнера. Kubernetes розподіляє контейнери по вузлах кластера для максимально ефективного використання ресурсів.

6. Самозцілення Kubernetes перезапускає контейнери, що відмовили; заміняє контейнери; зупиняє роботу контейнерів, що не відповідають на

задану користувачем перевірку стану, і не повідомляє про них клієнтам, допоки ці контейнери не будуть у стані робочої готовності.

7. Управління секретами та конфігурацією Kubernetes дозволяє вам зберігати та керувати чутливою інформацією, такою як паролі, OAuth токени та SSH ключі. Ви можете розгортати та оновлювати секрети та конфігурацію без перезбирання образів ваших контейнерів, не розкриваючи секрети в конфігурацію стека.

Отже, Kubernetes надає вам каркас для еластичного запуску розподілених систем. Він опікується масштабуванням та аварійним відновленням сайту, або застосунку пропонує шаблони розгортань тощо.

Система безпеки, яка використовується в даній розробці – Keycloak, відкритий ідентифікатор і керування доступом, для реалізації єдиного входу з

можливістю керування доступом, призначений для сучасних програм і сервісів.

Keycloak – це продукт програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом, який забезпечує єдиний вхід (IdP) з керованою ідентифікацією та керованим доступом для сучасних програм і сервісів. Це програмне забезпечення написано на Java та за замовчуванням підтримує протоколи ідентифікації федерації SAML v2 і OpenID Connect (OIDC) / OAuth2. Він ліцензований Apache і підтримує Red Hat.

Основні переваги Keycloak:

– єдина точка входу;

– підтримка стандартних протоколів;

– безпечні програми облікового запису та спрощене обслуговування;

– сумісність з LDAP як зовнішній репозиторій користувача делегування аутентифікації (соціальний вхід);

– висока продуктивність: кластер серверів, масштабованість, висока доступність;

– повністю сумісний із контейнеризацією;

– прості теми для реалізації;

– надійна автентифікація за допомогою власного одноразового коду (OTP) через FreeOTP чи Google Authenticator;

– автоматичне усунення несправностей, якщо ви забули свій пароль;

– автоматичне створення облікових записів (за формою або так званою соціальною аутентифікацією);

– розширюваний: база користувачів, методи автентифікації, протоколи.

Отже, мета використання цього інструмента є забезпечити захист додатків і сервісів з мінімальним шифруванням або без нього. IdP дозволяє сервісу або застосунку делегувати свою аутентифікацію і за усіма параметрами Keycloak для даної розробки.

Оскільки нами була обрана мова праграмування Java, для генерації сервісу було обрано застосувати Spring – це проект з відкритим кодом, що пропонує простий модульний підхід до створення програм Java.

Сама по собі назва Spring зазвичай відноситься до виконуючого середовища або групи проектів цілком, також званих модулями. Spring Boot це окремий модуль, створений як розширення платформи Spring, інструмент, який спрощує та прискорює розробку веб-додатків та мікрослужб на Spring (платформі Java).

Переваги Spring Boot:

– простота використання;

– підхід з урахуванням рекомендацій;

– швидке створення якісних додатків та скорочення часу розробки;

– відмова від необхідності писати шаблонний код та настроювати XML;

– розробка API REST;

– автоматична конфігурація;

– вбудованимі HTTP-сервери, наприклад Tomcat та Jetty;
– не потребує конфігурації XML.

4.6 Архітектура і інфраструктура

Потік інформації, який допомагає клієнтам знайти те, що вони шукають, з найменшими зусиллями називається інфраструктурою сайту та є основою маркетингового стека. Без надійної інфраструктури дуже складно організувати стратегію цифрового маркетингу та ефективно її реалізувати.

На рисунку 4.4 наведена інфраструктура та налаштування через DevTools.

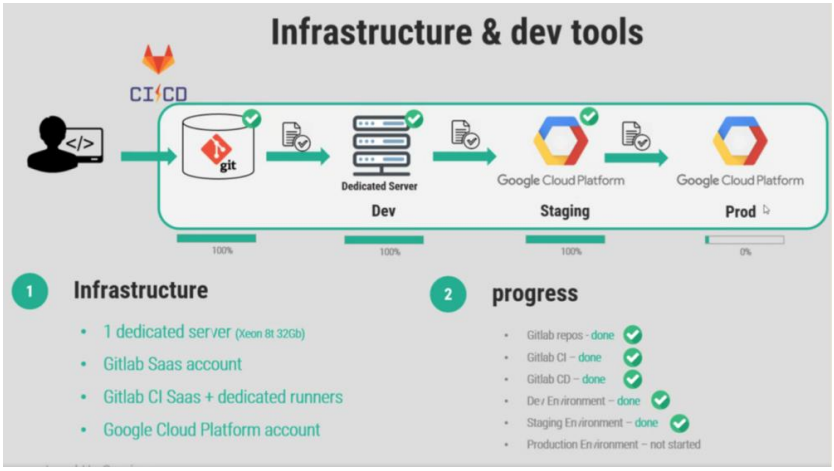


Рисунок 4.4 – Інфраструктура та налаштування через Chrome DevTools

MVP – це версія продукту, яка має найнеобхідніший мінімум можливостей, щоб перевірити його життєздатність на ринку. На цьому етапі ще немає додаткових або другорядних функцій, а є лише те, що становить суть сервісу. На рисунку 4.5 наведена архітектура MVP.

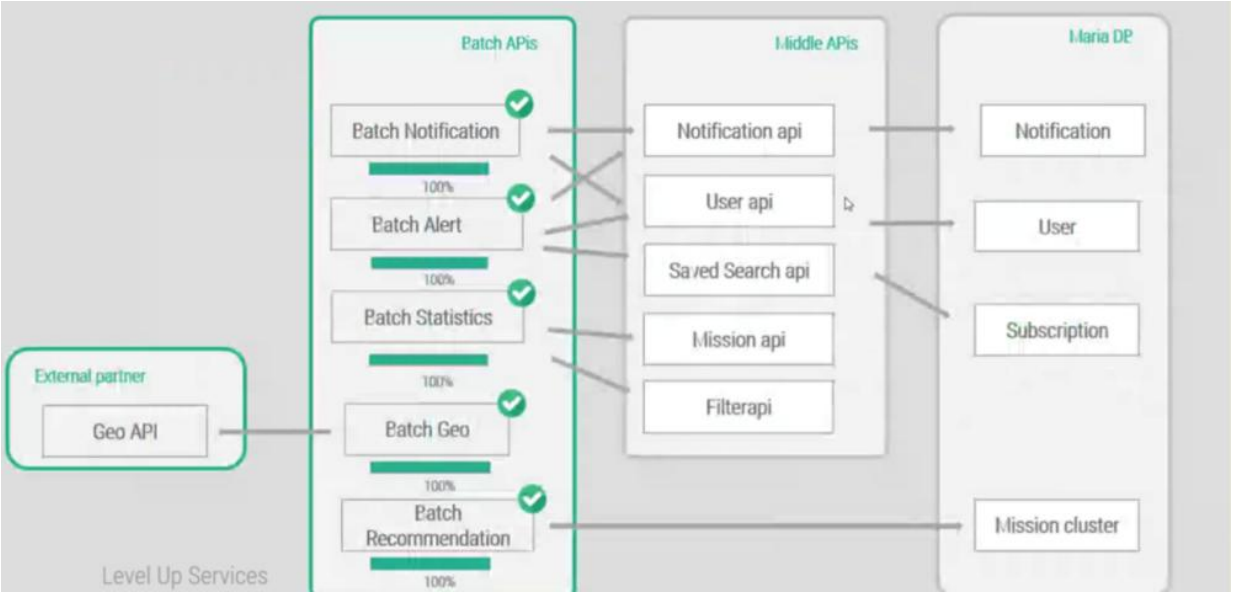


Рисунок 4.5 – Архітектура MVP1 Batch Services Progress

4.7 Інтерфейс адмін-панелі

Як було зазначено раніше, для реалізації інтерфейсу користувача використано мультипарадигменну мову програмування Java, яка підтримує об’єктно-орієнтований, імперативний і функціональний стилі. Ця мова є реалізацією стандарту ECMAScript. Як правило, використовується як вбудована мова для програмного доступу до об’єктів, додатків. Є чи не єдиною мовою, яка дає можливість будувати інтерфейси користувача у браузері з великою і активною спільнотою, розвиненими фреймворками і сформованими стандартами.

Нижче наведено компоненти, які найчастіше використовувалися при побудові сервісу:

1. Компоненти розміщення:

а) paper – дає можливість візуально виділити та відділити контент від фону. Часто використовується як головний компонент сторінки чи структурна

одиниця.

2. Поля вводу:

а) кнопки – містять вбудовані анімації;

б) текстовое поле – зручне текстовое поле, подібне до тих, які використовує компанія Google. Головними особливостями є виділення та анімації, до того ж, такі поля легко впізнавані.

в) поле вибору (Select) дає можливість обрати один чи кілька варіантів

серед запропонованих;

г) поле автозаповнення схоже на поле вибору, але також дає можливість

фільтрувати варіанти за допомогою звичайного текстового вводу. Можна користуватися ним як текстовим, так і як полем вибору. Дуже корисний при великій кількості варіантів вибору;

3. Зворотній зв’язок: інформаційні повідомлення (SnackBar) – має кілька видів повідомлень, використовується для відображення статусу виконання певної операції. Наприклад, може відображати статус «Успішно» чи «Помилка» з повідомленням. Особливістю є те, що зникає автоматично через заданий проміжок часу і не заважає користувачеві.

4. Зображення даних: запис текстових даних до БД

На рисунку 4.6, 4.7 наведена візуалізація admin panel або бекенду сервісу – графічна панель управління сайтом, або всі створені веб-ресурси за допомогою CMS.



Рисунок 4.6 – Відображення вимірюваних значень в web-застосунку

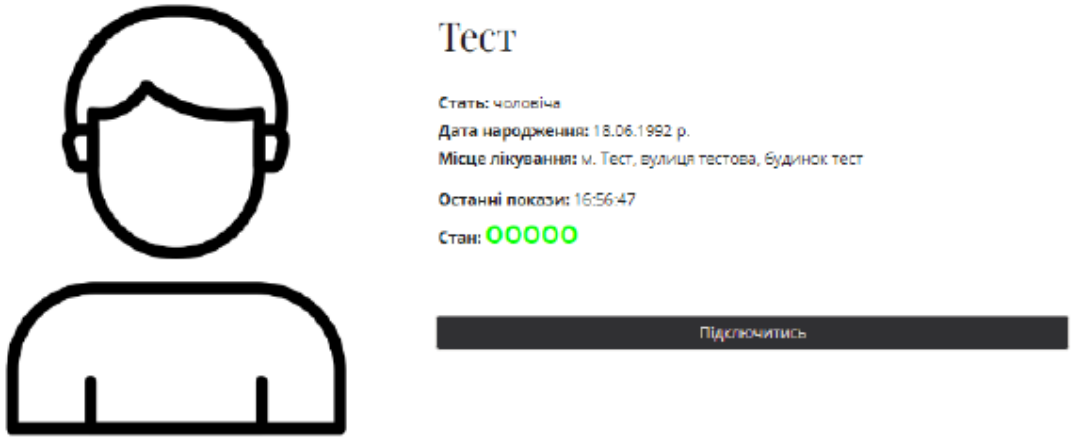


Рисунок 4.7 – Відображення даних нового пацієнта в web-застосунку

Висновки: Розробка веб-сайтів включає багато етапів. На кожному з них потрібна експертність та спеціальні знання певного профілю. В цьому розділі були обрані та обґрунтовані мови для Frontend (Angular) і Backend (Java), а також обрана реляційна базу даних MariaDB. Для управління контейнеризованими робочими навантаженнями та супутніми службами було обрана платформа Kubernetes. Система безпеки, яка використовується в даній розробці Keycloak. Також була наведена структура Spring Boot бекенду та інтерфейс адмін-панелі розробки.

5 ОПРОБУВАННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

Тестування автоматизованих систем відіграє важливу роль у забезпеченні якості програмного забезпечення та ефективного функціонування системи. Тестування надає можливість виявити помилки, дефекти та проблеми в програмному забезпеченні, які можуть бути критичними або неприпустимими на етапі розробки, коли продукт не надано в доступ користувачам.

Тестування слід проводити з найпростіших модулів поступово дійшовши до повної функціональної роботоздатності системи. Запустимо окремо модуль тестуваня роботи термометра, результат зображено на рисунку 5.1.

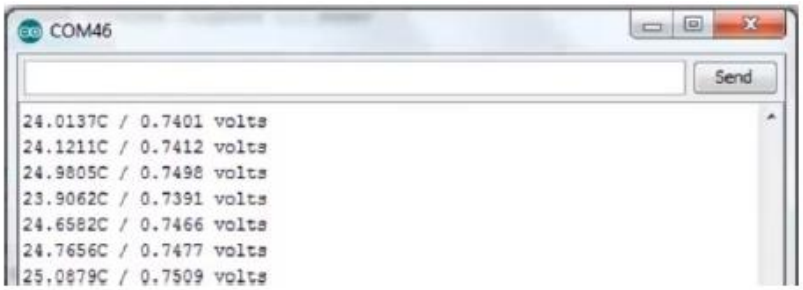


Рисунок 5.1 – Перевірка роботи термометру

Вимірювалась температура повітря в кімнаті, порівнюючи з показниками термератури на термометрі, можна дійти до висновку, що показники відповідають дійсності.

Проведемо тестування роботи ЕКГ, в результаті отримуємо графік зображений на рисунку 5.2.

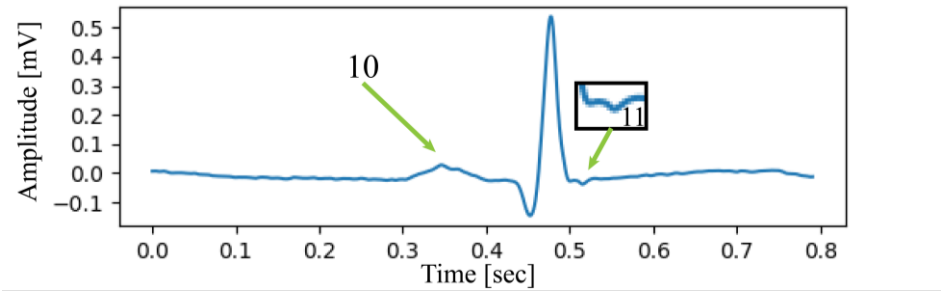


Рисунок 5.2 – Перевірка роботи ЕКГ

Аналізуючи отриманий графік, можна побачити ізоелектричну лінію, сегменти, інтервали та зубці, які чітко відображають ключові характеристики роботи досліджуваної системи. Ці елементи графіка є індикаторами коректності вимірювань, і їх наявність підтверджує високу точність та надійність проведеного дослідження. Оскільки графік відображає нормальні та очікувані показники функціонування системи, можна зробити висновок про правильність роботи даного модуля. Таке підтвердження забезпечує впевненість у стабільності та ефективності роботи системи в реальних умовах, що є важливим для подальшого використання в медичних чи інших критичних сферах.

Наступним етапом є тестування роботи тонометра, під час якого основними показниками, що повинні відображатися, є тиск у манжеті. Він має спочатку зростати до пікового значення, а потім поступово знижуватися. Паралельно фіксуються значення діастолічного та систолічного тиску, а також пульс. Результати тестування показано на рисунку 5.3.

```
31
53
76
92
110
133
156
179
200
188
163
141
120
98
75
51
P_D= 132
P_S= 78
P= 90
```

Рисунок 5.3 – Монітор порту при запуску тонометру

Відображені результати дозволяють дійти до висновку про справність роботи даного модуля. Відображення вимірюваних значень температури і пульсу в web-застосунку наведене на рис. 5.4.

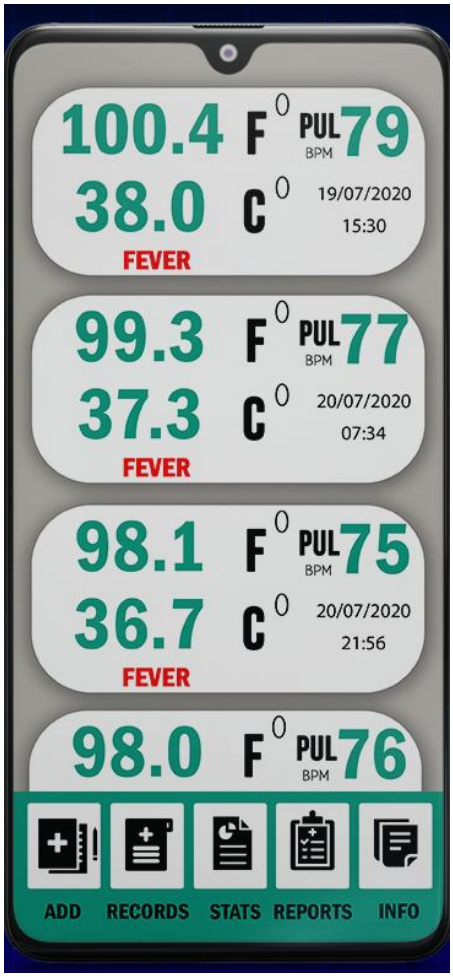


Рисунок 5.4 – Відображення вимірюваних значень температури і пульсу в web-застосунку

Висновки. Реалізація вебзастосунку забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувачів системи. Проведено тестування системи, в ході якого було виявлено та усунено помилки і дефекти в системі, а також переконано в правильності її роботи та підтверджено відповідним вимогам та очікуванням до розробки.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Новітні технології ІТ-індустрії швидко увійшли у сучасне виробництво програмного забезпечення та принципів роботи із ними з метою поліпшення умов праці. Питання забезпечення охорони праці працівників у сфері ІТ вимагає детального з'ясування, а також оцінки можливих професійних ризиків при взаємодії з сучасним комп'ютерним обладнанням.

ІТ-компанія має трудові відносини з працівниками. Вимога щодо впровадження заходів з охорони праці передбачається, зокрема, ч. 4 ст. 43 Конституції України [1], згідно якої кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці. Забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці покладається на власника або уповноважений ним орган. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Зокрема статтею 13 ЗУ «Про охорону праці» [2]. У відповідності з цим законом, кожна компанія, в рамках якої реалізуються трудові відносини, зобов'язана вжити всіх необхідних заходів з охорони праці та розробити відповідні документи, зокрема, але не виключно:

- положення про охорону праці;
- інструкції з охорони праці по кожній з професій та в цілому;
- накази з охорони праці;
- журнали інструктажу, реєстрацій та інше.

Оскільки тема магістерської роботи «Розробка автоматизованого сервісу пошуку роботи у сфері ІТ-технологій», передбачає виконання посадових обов'язків та проведення досліджень та розрахунків в сфері

комп’ютерних і кіберфізичних систем у приміщенні офісу, обладнаному персональними комп’ютерами (далі ПК) з візуальними дисплейними терміналами (далі ВДТ), тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для офісного приміщення.

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і посадових обов’язків фахівця у приміщенні офісу, обладнаному ПК з ВДТ, виявлені небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров’я працівників.

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори [3]:

– можливість ураження електричним струмом, при виконанні посадових обов’язків внаслідок порушення правил з електробезпеки або помилкових дій персоналу, що може призвести до електротравм різного ступеню важкості або навіть до летального наслідку;

– механічне травмування внаслідок нераціонального розташування робочих місць, що є порушенням вимог ергономіки;

– підвищене нервово-психічне навантаження, внаслідок специфіки роботи, а саме постійний контакт з клієнтами, колегами по роботі, керівництвом, контрагентами при вирішенні робочих питань (деякі з них можуть бути конфліктними, суперечливими), що може викликати емоційний дискомфорт, внутрішнє роздратування та емоційну нестабільність під час короткотривалих певних негативних ситуацій, та може призвести до захворювань нервової системи, зниження наснаги на працю та стресових станів та помилкових дій;

– оскільки робота користувача ПК вимагає тривалого статичного напруження м’язів спини, шиї, рук і ніг тому не раціональна або неправильна конструкція, організація та обладнання комп’ютеризованого робочого місця не забезпечує правильного та комфортного положення при роботі за комп’ютером, що може привести до швидкої втоми, а як наслідок до помилок, зниженню працездатності та кістково-м’язовим порушенням;

– недостатнє або надмірне освітлення робочих місць, в зв'язку з несправністю, або хибним вибором освітлювальних приладів, в зв'язку з неправильним розташуванням робочих місць по відношенню до джерел природного та штучного освітлення, що призводить до помилкових дій, погіршення зору або ефекту засліплення;

– незадовільні параметри мікроклімату в робочих приміщеннях (підвищена або знижена температура, вологість і рухливість повітря), у зв'язку з відсутністю, хибним вибором та використанням не якісних або нераціональних систем вентиляції, кондиціювання повітря, приводить до підвищеної стомлюваності, а як наслідок до помилок, зниженню працездатності, а також може бути причиною простудних захворювань;

– неправильні або нераціональні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, внаслідок не своєчасного оповіщення, неякісної підготовки персоналу правилам дій в умовах надзвичайних ситуацій або якісної організації дій персоналу керівництвом, призводять до паніки, невиправданих травм та загибелі людей;

– можливість загоряння, в зв'язку з порушенням правил протипожежної безпеки, використанням несправного електрообладнання, або відсутністю систем пожежної сигналізації і пожежогасіння, що призводить до пожежі, а як наслідок може бути причиною опіків та травм різного ступеню важкості або навіть летального наслідку, а також значних матеріальних збитків;

– монітор ПК є джерелом практично всіх видів електромагнітного випромінювання: іонізуючі випромінювання при визначеній дозі можуть викликати виникнення злоякісних пухлин; електромагнітні поля наднизької частоти впливають на імунну систему, та можуть стимулювати канцерогенез молочних залоз і шкіри, тощо;

– від постійної роботи за клавіатурою ПК нервові закінчення подушечок пальців німіють, виникає слабкість, в подушечках «бігають

мурашки», це може привести до пошкодження суглобового і зв'язкового апарату кисті, а надалі захворювання кисті можуть стати хронічними та розвитися «тунельний синдром».

6.2 Заходи безпеки обслуговуючого персоналу

Приміщення, у якому здійснюються заходи пов’язані з виконанням посадових обов’язків та проведенням досліджень та розрахунків (розробкою, модернізацією, удосконаленням, тощо), є спеціалізованим офісним (офіс ІТ-компанії, приміщенням дослідницького центру, лабораторії, тощо) яке обладнане ПК з ВДТ.

У приміщенні офісу застосовується широке різноманіття електроприладів: персональні комп'ютери, принтери, ксерокси, факси, освітлювальні прилади, кондиціонери, побутові електроприлади тощо. Небезпека ураження електричним струмом при використанні цих приладів з'являється при недотриманні заходів обережності, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища [4].

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [5], 90/270/ЄЕС. Про мінімальні вимоги безпеки та здоров’я при роботі з екранними пристроями [6], «Правил улаштування електроустановок» (далі – «ПУЕ-2021» [7]), ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом» [8], НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» [9], НАПБ А.01.001-14 «Правила пожежної

безпеки в Україні» [10] та буде використовуватися згідно вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» [11] (далі – «ПБЕЕ»), НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [12] (далі – «ПБЕЕС») та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [13].

Згідно «ПУЕ-2021» [7], за ступенем небезпеки ураження електрострумом, офісне приміщення належить до 1-го класу, тобто є приміщенням без підвищеної небезпеки, у якому відсутні умови, що створюють підвищену та особливу небезпеку.

Згідно глави 1.7 – «Заземлення і захисні заходи від ураження електричним струмом» – «ПУЕ-2021» [7], обладнання офісу має основну ізоляцію струмо провідних частин, яка забезпечує захист від прямого дотику та подвійну, яка складається з основної та додаткової ізоляції, для забезпечення захисту від ураження електричним струмом у разі пошкодження основної ізоляції.

Відповідно до вимог п. 6.7.4. НПАОП 40.1-1.21-98 «ПБЕЕС» [12] усі доступні для доторкання металеві деталі електрообладнання у приміщенні з ПК, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, з'єднані з заземлюючим пристроєм.

Оскільки офісне приміщення за ступенем небезпеки ураження електрострумом належить до 1-го класу, тому відповідно до вимог п. 6.7.6 НПАОП 40.1-1.21-98 «ПБЕЕС» [12] та додатку №1 до НПАОП 40.1-1.01-97 «ПБЕЕ» [11] користувачі ПК пройшли інструктаж з електробезпеки з оформленням в журналі інструктажу та мають I групу з електробезпеки.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами

електронно-обчислювальних машин» [5] зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними, яка відповідає нормованим значення (площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 м^2, а об'єм не менше ніж 20,0 м^3). Поверхня підлоги є рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями.

У зв’язку із стресовими ситуаціями та нервово-емоційними навантаженнями у людей, які працюють у сфері ІТ, може виникнути ймовірність захворювань загально-невротичного характеру.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [5] для робітників із застосування ЕОМ, передбачені регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години, а також обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження передбачені пристрої для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою

Для оптимізації відносин у колективі проводяться тренінги з залучанням психологів на теми: «Адаптація у новому колективі», «Поведінка в суспільстві».

Для запобігання кістково-м’язових порушень робочі місця користувачів ПК у офісному приміщенні відповідають ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [5].

Висота робочої поверхні столу з ПК регулюється в межах 680-800 мм, а

ширина і глибина – забезпечує можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм). Робочий стіл має простір для ніг висотою 600 мм, шириною – 500 мм, глибиною (на рівні колін) – 450 мм, на відстані витягнутої ноги – 650 мм.

Для того, що зменшити навантаження на руки від тривалої роботи на комп'ютері та зменшити ризик виникнення синдрому зап'ястного каналу, достатньо виконувати рекомендації по організації робочого місця і режиму роботи, щогодини робити короткі перерви, передбачені ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [5], регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години, під час яких бажано виконати кілька вправ для кистей рук.

6.3 Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці

Захистом від електромагнітних іонізуючих випромінювань є обмеження часу перебування в електромагнітному полі и нормування інтервалів годин, протягом яких людина покидає небезпечна зону. Дотримання норм ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [5] дозволяє забезпечити дотримання допустимої дози, і залучити природні захисні ресурси людини, які за відсутності випромінювання відновлюють функції організму.

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для офісного приміщення (офісу ІТ- компанії, дослідницької лабораторії, дослідницького центру, тощо) обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів

виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [5] і НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [13].

Основними причинами недостатньої або надмірної освітленості робочих місць є несправність або хибний вибір освітлювальних приладів, неправильне розташування робочих місць по відношенню до джерел освітлення. Незадовільна освітленість на робочому місці або на робочій зоні може бути причиною зниження продуктивності та якості праці, отримання травм. Недостатнє або надмірне освітлення викликає зоровий дискомфорт, що виражається у відчутті незручності або напруженості. Тривале перебування в умовах зорового дискомфорту призводить до розсіювання уваги, зменшення зосередженості, зоровій і загальній втомі.

У офісному приміщенні обладнаному ПК з екранним пристроєм (далі – ЕП), згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [5] та ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення [14].

Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які орієнтовані на південь і забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі.

Неправильне проектування або несправність систем опалення, вентиляції та кондиціонування в приміщенні офісу може призвести до негативних впливів на здоров'я працівників у вигляді простудних захворювань, перегрівань, проблем із дихальними шляхами тощо.

Метеорологічні умови для приміщенні з комп'ютеризованими робочими місцями – температура, відносна вологість та швидкість

переміщення повітря цілком відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [15]. Роботи у приміщенні з ПК, належать до категорії Іб – легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

– у холодний період року: температура 21 – 23°С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;

– у теплий період року: температура 22 – 24°С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [16], з метою забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в офісному приміщенні обладнаному ПК з ЕП передбачена система централізованого водяного опалення з радіаторами, а на теплий період передбачений побутовий кондиціонер.

З метою забезпечення необхідного повітрообміну у приміщенні офісу передбачена система механічної припливно-витяжної вентиляції (методом рекуперації), яка забезпечує 3-кратний обмін повітря за годину.

Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n–) іонів у повітрі офісного приміщення з ЕП відповідають вимогам додатку 3 ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [5] і становить: n(+) = 1500 – 30000 (шт. на 1 $см^3$); n(–) = 3000 – 5000 (шт. на 1 $см^3$). Підтримку оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечують за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів.

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи по забезпеченню пожежної безпеки для приміщення офісу обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог НАПБ А.01.001-14 «Правил пожежної безпеки в Україні» [10].

З аналізу речовин і матеріалів, що використовуються в приміщенні дослідницького центру (дослідницької лабораторії, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ, згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» [17] визначити клас можливої пожежі (A, B, C, D, F, E) та відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [18] указати до якої категорії з пожежної небезпеки (А, Б, В, Г, Д) належить приміщення офісу (дослідницького центру, лабораторії, тощо).

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» [19], передбачити шляхи евакуації із приміщення офісу (дослідницького центру, лабораторії, тощо) обладнаного ПК з ВДТ, працівників на випадок пожежі (переходи, евакуаційні виходи).

Показати наявність засобів виявлення загорянь і пожеж у приміщенні офісу (дослідницького центру, лабораторії, тощо) обладнаному ПК з ВДТ згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» [20]:

а) автоматичних сигналізаторів про пожежу;

б) системи пожежної сигналізації.

З огляду на пожежну небезпеку приміщення офісу (дослідницького центру, лабораторії, тощо) обладнаного ПК з ВДТ, передбачити систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники різних видів) згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» [21]

Висновки. Аналіз умов праці ІТ-фахівців свідчить про наявність та можливий вплив наступних шкідливих та небезпечних чинників: шуму; несприятливому мікроклімату (тепловиділення, високі температури при нагріві центральних процесорів та блоків живлення та низькі – при проведенні ремонтних робіт та обслуговування криогенного обладнання квантових комп'ютерів); іонізуючі і неіонізуючі випромінювання; недостатнє штучне та природнє освітлення; візуальні фактори: надмірна

яскравість, контрастність, мерехтіння зображення, відблиски тощо. Враховуючи що для забезпечення роботи квантових комп’ютерів потрібна напруга понад 1000В, проведення з ними роботи потребує відповідних заходів електробезпеки та здійснення психофізіологічної експертизи.

Основними причинами травматизму є: недотримання працівниками інструкцій та правил техніки безпеки, несправність обладнання, інструменту, технічних засобів, невикористання захисних пристроїв тощо.

Більшість випадків травматизму на робочих місцях в ІТ-секторі трапляється з працівниками, які працюють на підприємстві менше 5 років, багаточасову денну зміну, в другій половині дня, коли наступає втомленість робітників. Всі ці причини травматизму вимагають від керівництва проводити виховну роботу з порушниками інструкції та правил техніки безпеки для полегшення праці робітників.

7 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

7.1 Формування бюджету компаній медичних технологій

Для прогнозування витрат компанії треба розглянути та проаналізувати KPI і обов’язково оновлювати та відстежувати їх динаміку.

Для прогнозування витрат компанії на розробку застосунку моніторингу стану людини можна розглянути кілька ключових показників ефективності (KPI). Ось приклад аналізу та структури витрат:

1. Прогнозна вартість: це попередня оцінка вартості проекту, яка базується на початкових розрахунках, досвіді компанії та попередньому аналізі подібних проектів. Для застосунку моніторингу стану людини це може включати витрати на розробку програмного забезпечення, тестування, маркетинг та підтримку.

2. Фактична вартість: це реальні витрати на розробку застосунку, які виникли під час виконання проекту. Вони можуть змінюватися в залежності від непередбачуваних факторів, таких як зміни в команді розробників або додаткові функціональні вимоги.

3. Прогнозований KPI: цей показник може включати очікувану кількість завантажень застосунку за місяць, кількість активних користувачів, середній час використання застосунку тощо. Це також може бути прогноз для ROI (повернення на інвестиції) після запуску застосунку.

4. Фактичний KPI: фактичні результати після запуску застосунку. Це може бути кількість завантажень, частота використання, відгуки користувачів, а також кількість користувачів, які активно використовують всі функції застосунку.

5. Ціна за застосунок: вартість одного користувача або одного завантаження застосунку. Це може бути корисним для аналізу витрат і доходів при монетизації застосунку через рекламу чи платні функції.

Витрати при створенні бюджету розробки застосунку моніторингу стану людини:

- прогнозна вартість розробки: $150,000 (включає витрати на програмування, тестування, дизайн, маркетинг);
- фактична вартість розробки: $145,000 (через оптимізацію певних етапів процесу);
- прогнозований KPI: 50,000 завантажень за перші 3 місяці;
- фактичний KPI: 45,000 завантажень за перші 3 місяці;
- ціна за застосунок: $3,00 на одного користувача (розраховано на основі загальних витрат та кількості завантажень).

Ці дані допоможуть компанії контролювати бюджет і оптимізувати витрати на розробку, а також коригувати стратегії для досягнення бажаних результатів.

7.2 Економічні бенефіти для користувачів розробленого застосунку

Економічні бенефіти для користувачів розробленого застосунку моніторингу стану людини можуть бути значними, оскільки він має потенціал для покращення здоров’я та якості життя користувачів. Ось кілька основних переваг:

1. Зниження витрат на медичні послуги: завдяки постійному моніторингу здоров'я та виявленню проблем на ранніх стадіях, користувачі можуть уникнути серйозних захворювань або ускладнень, що дозволить зменшити витрати на лікування і медичні послуги в майбутньому. Це особливо важливо для людей з хронічними захворюваннями або тих, хто активно стежить за своїм здоров’ям.

2. Підвищення ефективності здоров'я та фізичної активності: застосунок може мотивувати користувачів вести активний спосіб життя, відслідковувати фізичну активність, що в свою чергу покращує їхній стан здоров’я. Це може призвести до економії на витратах, пов’язаних із

здоров’ям, таких як медичні обстеження або ліки.

3. Полегшення управління персональними фінансами: взаємозв’язок між здоров’ям і фінансами, коли користувачі можуть за допомогою застосунку планувати витрати на здоров’я, контролювати витрати на ліки та медичне обслуговування, що в кінцевому підсумку дозволить краще управляти своїм бюджетом.

4. Зменшення витрат на інші цифрові сервіси: багато функцій застосунку можуть замінити необхідність в інших дорогих пристроях або підписках, таких як візити до лікарів, дорогі фітнес-пристрої або спеціалізовані медичні додатки.

5. Запобігання витратам на відновлення здоров'я: постійний моніторинг і раннє виявлення проблем дозволяють користувачам вчасно реагувати на зміни у своєму стані, запобігаючи серйозним захворюванням, що зазвичай потребують дорогого лікування або реабілітації.

6. Покращення якості життя: застосунок може допомогти користувачам краще контролювати своє здоров’я, що зменшує стрес і непередбачувані витрати. Збільшення тривалості активного та здорового життя має потенціал для економічних вигод у довгостроковій перспективі.

У кінцевому рахунку, застосунок може допомогти користувачам зберігати не лише гроші, а й здоров’я, зменшуючи загальні витрати на медичне обслуговування та підвищуючи ефективність управління їхніми фінансами.

7.3 Перспективи розвитку сервісу моніторингу стану людини

На даний момент дослідники повністю розробили різні сенсорні технології для низки поширених медичних сценаріїв і здійснили деякі корисні дослідження щодо діагностики з точністю за допомогою алгоритмів штучного інтелекту та покращення управління медичними послугами. Оскільки електронні пристрої інтегруються з біологічними

тілами, майбутні виклики стають дедалі очевиднішими, наприклад, у питаннях етики, безпеки, зв'язку та контролю.

Сенсорні технології, придатні для певних сценаріїв застосування, повинні бути ретельно відібрані, і слід повністю враховувати питання, такі як обробка величезних мультимодальних даних, технологія об’єднання інформації та інтегроване управління даними кількох осіб, при цьому питання захисту приватності користувачів та етичні проблеми будуть вирішуватися на всіх етапах. Слід також врахувати етичні та емоційні аспекти, ґрунтуючись на повному врахуванні проблем біосумісності, щоб досягти більш повної сумісності між пристроями, користувачами та установами.

Попри нещодавні досягнення, залишаються ключові проблеми, зокрема ефективне зберігання енергії для тривалого використання, стабільна високо-продуктивна передача сигналів та адаптованість для специфічних груп населення. Для вирішення цих проблем потрібно розробляти передові технології енергозбирання, покращувати обробку даних в реальному часі та безпечну бездротову передачу, удосконалювати механічні властивості гнучких матеріалів для витримування деформації та зменшувати інтерференцію сигналів у мультимодальних сенсорних системах. Це, безумовно, підвищує початкові витрати на інтеграцію автоматизованих системи моніторингу стану людини в медичні установи з точки зору матеріалів та розвитку технологій.

Однак у довгостроковій перспективі автоматизовані системи моніторингу стану людини можуть знизити медичні витрати, покращити якість нагляду та догляду, а також сприяти покращенню здоров’я пацієнтів, потенційно приносячи значні економічні переваги медичній сфері. Крім того, розширення застосувань таких систем для недостатньо представлених груп є важливим. Майбутній прогрес залежить від міждисциплінарних інновацій у науці про матеріали, штучному інтелекті та енергетичних технологіях, що дозволяє автоматизованим системам

моніторингу стану людини виходити за межі охорони здоров’я і використовуватися в людсько-машинному взаємодії, реабілітації та розумному побуті.

Висновки. Формування бюджету для розробки застосунку моніторингу стану людини є важливим етапом, що вимагає ретельного планування та аналізу ключових показників ефективності (KPI). Оцінка прогнозної та фактичної вартості, а також моніторинг досягнутих результатів, дають можливість ефективно управляти фінансами і коригувати стратегії для досягнення бажаних результатів.

Економічні бенефіти для користувачів такого застосунку очевидні: зниження витрат на медичні послуги, покращення здоров'я та фізичної активності, зменшення витрат на інші цифрові сервіси та запобігання дорогому лікуванню завдяки ранньому виявленню проблем зі здоров'ям. Користувачі мають змогу не тільки заощаджувати гроші, але й підтримувати своє здоров’я, що позитивно впливає на їхнє благополуччя та економічне становище. Незважаючи на існуючі технологічні та етичні виклики, застосування сенсорних технологій і штучного інтелекту в медичній сфері відкриває нові горизонти для більш ефективного догляду за пацієнтами. У довгостроковій перспективі це може знизити медичні витрати, покращити якість медичних послуг і принести значні економічні вигоди для медичної сфери.

ВИСНОВКИ

В першому розділі ВКР магістра описано різноманітні фізичні та хімічні сигнали, які можна використовувати для моніторингу стану людини та оцінки її здоров'я. Особливу увагу приділено сенсорам, які дозволяють здійснювати безперервний моніторинг фізіологічних параметрів, таких як електричні сигнали (ЕЕГ, ЕКГ, ЕМГ), артеріальний тиск, температура, частота дихання та прискорення. Також розглянуто хімічні сигнали, які можна зібрати з рідин організму, таких як слина, кров, піт і сеча, що дають важливу інформацію про біохімічний стан людини.

У другому розділі була розроблена математична модель для технологічного об’єкта. Отримана математична модель у вигляді вектора надає початкове розуміння майбутнього алгоритму роботи багатофункціонального пристрою моніторингу стану людини в автоматизованій системі та впроваджує ґрунтовність алгоритмізації.

В третьому розділі було розроблено алгоритм роботи та структуру системи, що дозволяє ефективно відстежувати показники здоров’я в реальному часі. Перевага бездротових технологій у забезпеченні гнучкості та мобільності, а також використання сучасних мікроконтролерів та датчиків, гарантують високу точність вимірювань і надійність з'єднання. Апаратна реалізація системи, зокрема, вибір компонентів та програмне забезпечення, забезпечує стабільну роботу при різних умовах, що робить систему перспективною для використання в медичних закладах та вдома для пацієнтів.

В четвертому розділі проведена розробка веб-застосунку: були обрані та обґрунтовані мови для Frontend (Angular) і Backend (Java), а також обрана реляційна базу даних MariaDB. Для управління контейнеризованими робочими навантаженнями та супутніми службами було обрана платформа Kubernetes. Система безпеки, яка використовується в даній розробці Keycloak. Також була наведена структура Spring Boot

бекенду та інтерфейс адмін-панелі розробки.

В п’ятому розділі проведено опробування web-застосунку. Його реалізація забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувачів системи. Проведено тестування системи, в ході якого було виявлено та усунено помилки і дефекти в системі, а також переконано в правильності її роботи та підтверджено відповідним вимогам та очікуванням до розробки.

В шостому розділі проведено аналіз умов праці ІТ-фахівців і впливу шкідливих та небезпечних чинників на їх роботу. А також визначені основні засоби забеспечення безпеки праці на робочому місці.

В сьомому розділі розраховані витрати при створенні бюджету розробки застосунку моніторингу стану людини:

- прогнозна вартість розробки: $150,000 (включає витрати на програмування, тестування, дизайн, маркетинг);
- прогнозований KPI: 50,000 завантажень за перші 3 місяці;
- ціна за застосунок: $3,00 на одного користувача (розраховано на основі загальних витрат та кількості завантажень).

Отже, популярність та успіх автоматизованих систем моніторингу стану людини залежить від міждисциплінарних інновацій у науці про матеріали, штучному інтелекті та енергетичних технологіях. Застосування систем моніторингу для реабілітації, розумного побуту та в інших сферах, які виходять за межі традиційної охорони здоров’я, буде сприяти розвитку сучасних медичних технологій та покращенню якості життя.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Конституція України: Закон України від 26.06.1996 р. № 254к/96-ВР Редакція від: 01.01.2024.

2. Закон України «Про охорону праці» : Закон України № 2694-XII від 14.10.1992 р. Редакція від 19.08.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2694-12 (дата звернення 10.01.2025).

3. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. Київ : Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3.

4. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. Київ: МОЗ України, 1998. URL: http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445.

5. 90/270/ЄЕС. Про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями. [Чинний від 1990-05-29]. Брюссель. : Рада Європейських співтовариств, 1990. 14 с. URL: http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/ (дата звернення 10.01.2025).

6. ПУЕ-2021. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86; чинний з 2021-01-01]. Київ : Міненерговугілля України, 2021. 617 с. (Правила)

7. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [На заміну ДБН В.2.5-27-2006 ; чинний від 2017-04-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

8. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [На заміну глав 5.4 5.5 7.1 7.2 7.3 7.4 7.6 Правил устройства электроустановок, затв. Міненерго СРСР 06.07.1984 р. ; чинний від 2002-01-01]. Київ : Мінпраці України, 2001.

URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01/card2#Card (дата звернення 10.01.2025).

9. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [На заміну НАПБ А.01.001-04 ; чинний від 2014-12-30]. Київ : МВС України, 2014. 91 с.

10. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. [На заміну НАОП 1.1.10-1.01-85 ; чинний з 1997-10-06]. Київ : Держнаглядохоронпраці, 1997. 97 с.

11. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [На заміну ДНАОП 0.00.1.21-84 ; чинний з 1998-01-09]. Київ : Мінпраці України, 1998. 89 с.

12. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроям. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. Київ : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18 (дата звернення 10.01.2025)

13. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

14. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Київ : МОЗ України, 1999. 106 с. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99 (дата звернення 10.01.2025).

15. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [На заміну СНиП 2.04.05-91 ; крім розділу 5 та додатка 22. ; чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

16. ДСТУ EN 2:2014. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT). [На заміну ГОСТ 27331-87; чинний з 01.01.2016]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 7 с.

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с.

18. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. Київ : Мінрегіон України, 2017. 47 с.

19. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [На заміну ДБН В.2.5-56:2010 ; СНиП 2.04.05-91 (розділи 5 та 22) ; чинний від 2015-07-01]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 191 с.

20. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. Київ : МВС України, 2018. 23 с.

21. Ігнатенко А.А., Основи програмування мовою JavaScript: тексти лекцій. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. 83 с.

22. Deng, Z.; Guo, L.; Chen, X.; Wu,W. SmartWearable Systems for Health Monitoring. Sensors 2023, 23, 2479. URL: https://doi.org/10.3390/s23052479 (дата звернення 15.11.2024)

23. Lu, T.; Ji, S.; Jin,W.; Yang, Q.; Luo, Q.; Ren, T.-L. Biocompatible and Long-Term Monitoring Strategies of Wearable, Ingestible and Implantable Biosensors: Reform the Next Generation Healthcare. Sensors 2023, 23, 2991. URL: https://doi.org/10.3390/s23062991 (дата звернення 15.11.2024).

24. Sun, X.; Guo, X.; Gao, J.; Wu, J.; Huang, F.; Zhang, J.-H.; Huang, F.; Lu, X.; Shi, Y.; Pan, L. E-Skin and Its Advanced Applications in Ubiquitous Health Monitoring. Biomedicines 2024,12, 2307. URL: https://doi.org/10.3390/ biomedicines12102307 (дата звернення 15.11.2024).

25. Veenuttranon, K.; Kaewpradub, K.; Jeerapan, I. Screen-Printable Functional Nanomaterials for Flexible and Wearable Single-Enzyme-Based Energy-Harvesting and Self-Powered Biosensing Devices. Nano-Micro Lett. 2023, 15, 85.

26. Cao, J.; Yan, F. Recent progress in tin-based perovskite solar cells. Energy Environ. Sci. 2021, 14, 1286–1325.

27. Choi, Y.; Koo, D.; Jeong, G.; Kim, U.; Kim, H.; Huang, F.; Park, H. A vertically oriented two-dimensional Ruddlesden–Popper phase perovskite passivation layer for efficient and stable inverted perovskite solar cells. *Energy Environ*. Sci. 2022, 15, 3369–3378.

28. Li, T.; Liang, B.; Ye, Z.; Zhang, L.; Xu, S.; Tu, T.; Zhang, Y.; Cai, Y.; Zhang, B.; Fang, L.; et al. An Integrated and Conductive Hydrogel-Paper Patch for Simultaneous Sensing of Chemical–Electrophysiological Signals. *Biosens. Bioelectron*. 2022, 198, 113855.

29. Yoon, S.; Yoon, H.; Zahed, M.A.; Park, C.; Kim, D.; Park, J.Y. Multifunctional Hybrid Skin Patch forWearable Smart Healthcare

30. Applications. *Biosens. Bioelectron*. 2022, 196, 113685.

31. Long, Z.; Ding, Y.; Qiu, X.; Zhou, Y.; Kumar, S.; Fan, Z. A dual-mode image sensor using an all-inorganic perovskite nanowire array for standard and neuromorphic imaging. J. Semicond. 2023, 44, 092604. [CrossRef]

32. Raspberry Pi. URL: https://www.raspberrypi.org/about/ (дата звернення: 30.11.2024).

33. STM32.URL:https://www.st.com/content/st_com/en/about/st_company_ information/who-we-are.html (дата звернення: 30.11.2024).

34. Arduino. URL: https://www.arduino.cc/en/about (дата звернення: 30.11.2024).