

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ННК “Інститут прикладного системного аналізу”  
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра Системного проектування  
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.І.Петренко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 р.

**Дипломна робота**

першого (бакалаврського) \_\_\_\_\_ рівня вищої освіти  
(першого (бакалаврського), другого (магістерського))

зі спеціальності 7.05010102, 8.05010102 Інформаційні технології проектування  
7.05010103, 8.05010103 Системне проектування  
(код та назва спеціальності)

на тему: Мобільний додаток для пацієнтів з цукровим діабетом  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи ДА-21  
(шифр групи)

Бондаренко Олексій Сергійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник завідувач кафедрою, д.т.н., професор, Петренко А. І. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант економічний проф., док. ек. н., Семенченко Н.В. \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ ст. викладач Бритов О.А.

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає  
запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2016 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

Факультет (інститут) ННК «Інститут прикладного системного аналізу»  
(повна назва)

Кафедра Системного проектування  
(повна назва)

Рівень вищої освіти Перший(Бакалаврський)  
(перший (бакалаврський), другий (магістерський) або спеціаліста)

Спеціальність 7.05010102, 8.05010102 Інформаційні технології проектування  
7.05010103, 8.05010103 Системне проектування  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
А.І.Петренко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«   »                      2016 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект (роботу) студенту**  
Бондаренко Олексію Сергійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Мобільний додаток для пацієнтів з цукровим діабетом

керівник проекту (роботи) Петренко Анатолій Іванович, д.т.н., професор,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 12 травня 2016 р. № 50-ст

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 08.06.2016

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_

Форма реалізації – у вигляді мобільного додатку на базі Apache Cordova для Apple iOS

Для розробки інтеграції з глюкометром можна використати iHealth Align BG1

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

1. Розглянути існуючі мобільні додатки для пацієнтів з цукровим діабетом.

2. Розглянути технології вимірювання рівня цукру в крові.
3. Розробити мобільний додаток та протестувати його.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів тощо)

1. Архітектура програмного продукту – плакат.
2. Діаграма потоків даних і процесів при отриманні даних від глюкометру – плакат.
3. Діаграма потоків даних і процесів при ініціалізації зчитування даних з глюкометру – плакат.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)\*

| Розділ             | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------------------|---|----------------|------------------|
|                    |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Економічний розділ | Семенченко Н.В., проф. д.е.н.             |                |                  |
| Основна частина    |   |                |                  |
|                    |   |                |                  |

7. Дата видачі завдання 01.02.2015

#### Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)           | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1     | Отримання завдання   | 01.02.2016                              |          |
| 3     | Вивчення варіантів реалізації та вибір варіанту для розробки | 15.02.2016                              |          |
| 4     | Аналіз існуючих мобільних додатків                           | 10.03.2016                              |          |
| 5     | Аналіз існуючих технологій аналізу рівня цукру в крові       | 15.04.2016                              |          |
| 6     | Розробка програмного продукту                                | 15.05.2016                              |          |
| 7     | Тестування програмного продукту                              | 25.05.2016                              |          |
| 8     | Оформлення дипломної роботи                                  | 31.05.2016                              |          |
| 9     | Отримання допуску до захисту та подача роботи в ДЕК          | 08.06.2016                              |          |

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

О.С.Бондаренко

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_

(підпис)

А.І.Петренко

(ініціали, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи).

## АНОТАЦІЯ

бакалаврської дипломної роботи Бондаренко Олексія Сергійовича  
на тему «Мобільний додаток для пацієнтів з цукровим діабетом»

У даній роботі ставиться завдання розробити мобільних додаток для пацієнтів з цукровим діабетом, що інтегруються з мобільним глюкометром. Було проаналізовано існуючі мобільні додатки та технології аналізу рівня глюкози в крові для визначення підходу до розробки та необхідних функціональних модулів.

Цукровий діабет є одним із найбільш поширеним захворюванням у світі. Це захворювання потребує постійної уваги з боку пацієнта до стану свого здоров'я та дієти. Хворим на цукровий діабет потрібно вести облік рівня цукру в крові, фізичних навантажень та свого раціону. Традиційний процес обліку у щоденнику забирає багато часу, що призводить до невеликої кількості зібраних даних. Мобільні пристрої здатні полегшити процес обліку. Головна мета - забезпечити своєчасну фіксацію даних та аналіз їх для подальшого попередження про зміни у стані людини. Всі наявні рішення не мають універсального мобільного додатку для декількох платформ, що мав би інтеграцію з мобільним глюкометром.

Результат роботи - реалізація мобільного додатку, інтеграція з мобільним глюкометром, порівняльний аналіз наявних мобільних додатків та аналіз існуючих технологій аналізу рівня глюкози в крові.

Загальний обсяг роботи 83 сторінки, 24 рисунки, 13 таблиць, 24 посилань.

**Ключові слова:** діабет, аналіз рівня цукру в крові, мобільний додаток, Apache Cordova, мобільний глюкометр

## АНОТАЦИЯ

бакалаврской дипломной работы Бондаренко Алексея Сергеевича  
на тему “Мобильное приложение для пациентов с сахарным диабетом”

В данной работе ставится задача разработать мобильное приложение для пациентов с сахарным диабетом, которое интегрируется с мобильным глюкометром. Было проанализировано существующие мобильные приложения и технологии анализа уровня глюкозы в крови для определения подхода к разработке и необходимых функциональных модулей.

Сахарный диабет – одно из самых распространенных заболеваний в мире. Это заболевание требует постоянного внимания со стороны пациента к состоянию своего здоровья и диеты. Больным на сахарный диабет необходимо вести учет уровня сахара в крови, физической нагрузки и своего рациона. Традиционный метод учета в дневник отнимает много времени, что приводит к небольшому количеству данных. Мобильные устройства способны облегчить процесс учета. Главная цель – обеспечить своевременную фиксацию данных и их анализ для последующего предупреждения про изменения состояния человека. Все существующие решения не имеют универсального мобильного приложения для нескольких платформа, что имело бы интеграцию с мобильным глюкометром.

Результат работы – реализация мобильного приложения, интеграция с мобильным глюкометром, сравнительный анализ мобильных приложений и анализ существующих технологий анализа уровня глюкозы в крови.

Общий объем работы 83 страницы, 24 рисунка, 13 таблиц, 24 источников.

**Ключевые слова:** диабет, анализ уровня сахара в крови, мобильное приложение, Apache Cordova, мобильный глюкометр

## ANNOTATION

on Oleksii Bondarenko bachelor's degree

thesis: "Mobile application for patients with diabetes"

In this work we consider the task of development of mobile application for patients with diabetes, that has integration with mobile glucometer. It was investigated the existing mobile applications and technologies of analyzing of glucose level in the blood to determine the approach for development and necessary functional modules.

Diabetes is one of the most common diseases in the world. This disease requires constant attention on the part of the patient to a state of their health and diet. Patients with diabetes need to keep a record of blood sugar, exercise and diet. The traditional method of accounting in the blog takes a lot of time, which leads to a small amount of data. Mobile devices are able to facilitate the registration process. The main purpose is to ensure the timely recording of data and the analysis for subsequent warnings about changing the human condition. All the existing solutions do not have a universal mobile applications for multiple platforms, which would make integration with mobile glucometer.

The result of work - implementation of mobile applications, integration with mobile glucometer, a comparative analysis of mobile applications and analysis of the existing technologies of blood glucose analysis.

Bachelor's work size 83 pages, 24 pictures, 13 tables, 24 sources.

**Keywords:** diabetes, the analysis of blood sugar levels, a mobile application, Apache Cordova, mobile glucometer

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ .....   | 9  |
| ВСТУП .....  | 10 |
| 1. АРСЕНАЛ МНЕАЛТН: ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ<br>ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ЇХ ПОЛІПШЕННЯ.....    | 12 |
| 1.1. Статистика використання мобільних систем Стати стика<br>використання мобільних систем ..... | 12 |
| 1.2. Статистика mHealth .....  | 13 |
| 1.3. Тенденції mHealth .....   | 14 |
| 1.3.1. Розвиток ринку мобільної медицини .....   | 15 |
| 1.3.2. Приклад впровадження mHealth.....   | 16 |
| 1.4. Як лікарі використовують мобільні пристрої .....  | 16 |
| 1.5. Огляд мобільних додатків.....   | 17 |
| 1.5.1. mySugr Diabetes Logbook .....   | 19 |
| 1.5.2. Track3 - Diabetes Planner.....  | 20 |
| 1.5.3. Diabetes in Check .....   | 21 |
| 1.5.4. Glooko.....   | 22 |
| 1.5.5. iHealth Gluco-Smart .....   | 23 |
| 1.5.6. Dario .....   | 23 |
| 1.6. Рекомендації з поліпшення .....   | 24 |
| 1.7. Висновки до розділу 1 .....   | 28 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ РІВНЯ ГЛЮКОЗИ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ   | 29 |
| 2.1. Глюкозооксидазний метод.....  | 29 |
| 2.2. Лазерний аналіз.....  | 31 |
| 2.3. Раман-спектроскопія.....  | 34 |
| 2.4. Розумні контактні лінзи .....   | 35 |
| 2.5. Біосенсори .....  | 36 |

|   |    |
|---|----|
|   | 8  |
| 2.6. Тату-монітори.....   | 38 |
| 2.7. Аналіз слини.....  | 39 |
| 2.8. Висновки до розділу 2.....   | 41 |
| 3. ПРОТОТИП МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ.....   | 42 |
| 3.1. Огляд технологій розробки.....   | 42 |
| 3.2. Функціонал.....  | 43 |
| 3.3. Архітектура мобільного додатку.....                                    | 43 |
| 3.4. Реалізація.....  | 47 |
| 3.5. Висновки до розділу 3.....   | 51 |
| 4. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО<br>ПРОДУКТУ.....              | 52 |
| 4.1. Постановка задачі.....   | 53 |
| 4.1.1. Обґрунтування функцій програмного продукту.....                      | 54 |
| 4.1.2. Варіанти реалізації основних функцій.....                            | 55 |
| 4.2. Обґрунтування системи параметрів ПП.....                               | 57 |
| 4.2.1. Опис параметрів.....   | 57 |
| 4.2.2. Кількісна оцінка параметрів.....                                     | 58 |
| 4.2.3. Аналіз експертного оцінювання параметрів.....                        | 60 |
| 4.3. Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій.....                  | 64 |
| 4.4. Економічний аналіз варіантів розробки ПП.....                          | 65 |
| 4.5. Вибір кращого варіанта ПП техніко-економічного рівня.....              | 70 |
| 4.6. Висновки до розділу 4.....   | 71 |
| ВИСНОВКИ.....   | 72 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....   | 74 |
| ДОДАТОК А.....  | 77 |
| Реалізація плагіну інтеграції з глюкометром iHealth BG1 для Apple iOS.....  | 77 |
| Реалізація Javascript частина плагіну для інтеграції iHealth Align BG1..... | 81 |



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

**mHealth** – (англ. mobile health, «мобільна медицина») технології, що використовують мобільні технології в сфері охорони здоров'я.

**Фітнес** – фізичні навантаження з метою підтримування або покращення здоров'я

**НІРАА** - Health Insurance Portability and Accountability Act - Акт о преемственности и подотчётности медицинского страхования

**Фреймворк** - інфраструктура програмних рішень, що полегшує розробку складних систем. Спрощено дану інфраструктуру можна вважати своєрідною комплексною бібліотекою.

**ІТ** - інформаційні технології — сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, інтегрованих з метою збирання, опрацювання, зберігання, розповсюдження, показу і використання інформації в інтересах її користувачів.

**Біосенсор** - аналітичний пристрій, створений на основі окремих видів організмів, комплексів організмів, клітин або виділених з них ферментних систем, а також специфічних біологічних речовин, що використовується для детектування речовин.

**Нативний додаток** – це програмний продукт, що розроблений на мові програмування та з використанням програмних інтерфейсів, що залежать від обраної операційної системи

**Плагін** - додаток, незалежно скомпільований програмний модуль, що динамічно підключається до основної програми, призначений для розширення або використання її можливостей

## ВСТУП

Цукровий діабет є одним із найбільш розповсюдженим захворюванням в світі. Воно відоме вже більше 500 років і може вражати людей будь-якого віку, раси та комплекції.

Згідно даних Kleiner Perkins Caufield Byers у 2014 році, кількість мобільних пристроїв перевищила кількість стаціонарних комп'ютерів [1]. Таке зростання спровокувало стрімке збільшення кількості мобільних додатків у всіх сферах.

52% користувачів збирають інформацію про стан свого здоров'я на мобільних пристроях. Це включає в себе інформацію про конкретну медичну проблему, процедури, дієти, харчування або фітнес.

З розповсюдженням мобільних технологій отримала розвиток мобільна медицина. Мобільна медицина – це концепція, що має на меті об'єднати пацієнта і лікаря за допомогою мобільних пристроїв, з метою більш точного та повного обміну даними про стан пацієнта. Це зумовлює поліпшення якості надавання медичних послуг.

З точки зору діабету мобільна медицина може запропонувати декілька можливих варіантів застосування мобільних пристроїв. По-перше, пацієнт може заповнювати електронний щоденник пацієнта, що відображає інформацію про його стан та параметри харчування та фізичної активності. По-друге, за допомогою спеціальних пристроїв стає можливим контролювати рівень цукру в крові.

У сфері мобільної медицини смартфони стають джерелом великої кількості даних. Дані можуть збиратися з вбудованих сенсорів та з зовнішніх пристроїв – носимих пристроїв. Багато даних можуть збиратися в автоматичному режимі, що зменшує навантаженість на пацієнта.

За допомогою мобільних пристроїв пацієнти можуть збирати спеціалізовані дані з деяких захворювань протягом тривалого проміжку часу, які раніше було важко отримати. Лікарі також можуть аналізувати поведінку пацієнтів, характер фізичних навантажень. Наприклад, браслети Fitbit та Jawbone`s Up24, які є популярними серед користувачів, можуть з легкістю відстежувати фізичні вправи, харчування та навіть цикли сну.

Мобільний пристрій може допомогти контролювати рівень цукру в крові. Це стало можливим завдяки глюкометрам, з вбудованими Bluetooth і audio-jack інтерфейсам. Такі пристрої можуть бути як самостійними, що мають вбудовану пам'ять та джерело живлення, так і спеціальним гаджетом, що працює лише в парі з мобільним телефоном.

Спеціальне мобільний додаток може збирати дані з глюкометрів і проводити аналіз стану користувача, нагадувати про необхідність уколу інсуліну. Своєчасний аналіз може попередити критичний стан пацієнта.

За останні кілька років, спостерігається стрімке зростання кількості мобільних пристроїв на ринку - від планшетів до носимих пристроїв. Медичні співробітники стають мобільними. Згідно зі звітом Research2Guidance, 80% лікарів використовують смартфони і медичних програми.

Носимі пристрої здатні забезпечити безперервний моніторинг стану людини. Вони можуть збирати дані самостійно, без потреби з боку користувача ініціалізації вимірювання. Це відкриває можливості для глибокого аналізу медичних даних і виявлення причин зміни стану людини.

Метою дипломної роботи був аналіз можливостей розробки програмного продукту для пацієнтів з діабетом та розробка програмного забезпечення під мобільні платформи для контролю рівня цукру у крові.

# 1. АРСЕНАЛ MHEALTH: ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ЇХ ПОЛІПШЕННЯ

Всього для мобільних платформ існує близько 100 000 додатків у сфері мобільної медицини. Їх можна поділити на 2 основні категорії: для пацієнтів та для лікарів. З 85% - це додатки для пацієнтів, а 15% - для лікарів. Більшість додатків безкоштовна.

В 2014 році Research2Guidance отримало данні про більше ніж 4 мільйони завантажених безкоштовних мобільних додатків з mHealth кожен день. Ця цифра продовжує збільшуватися.

## 1.1. Статистика використання мобільних систем Статистика використання мобільних систем

Сьогодні на ринку мобільних операційних систем домінують 3 платформи: Android, iOS та Windows Phone. Розподіл ринку між цими мобільними системами 61%, 32% та 2.54% відповідно.

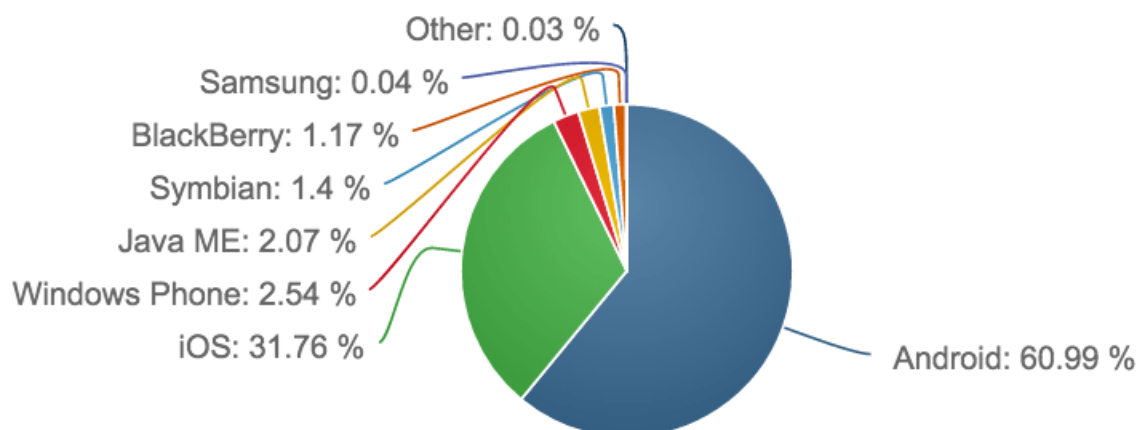


Рисунок 1.1 - Статистика розподілу мобільних операційних систем за 1 квартал 2016 року

Для кожної з платформ існує магазин додатків, а для Android є декілька таких магазинів. Статистика за кількістю додатків трошки відрізняється від статистики розподілу операційних систем: в ній нема такого істотного розриву між iOS та Android.

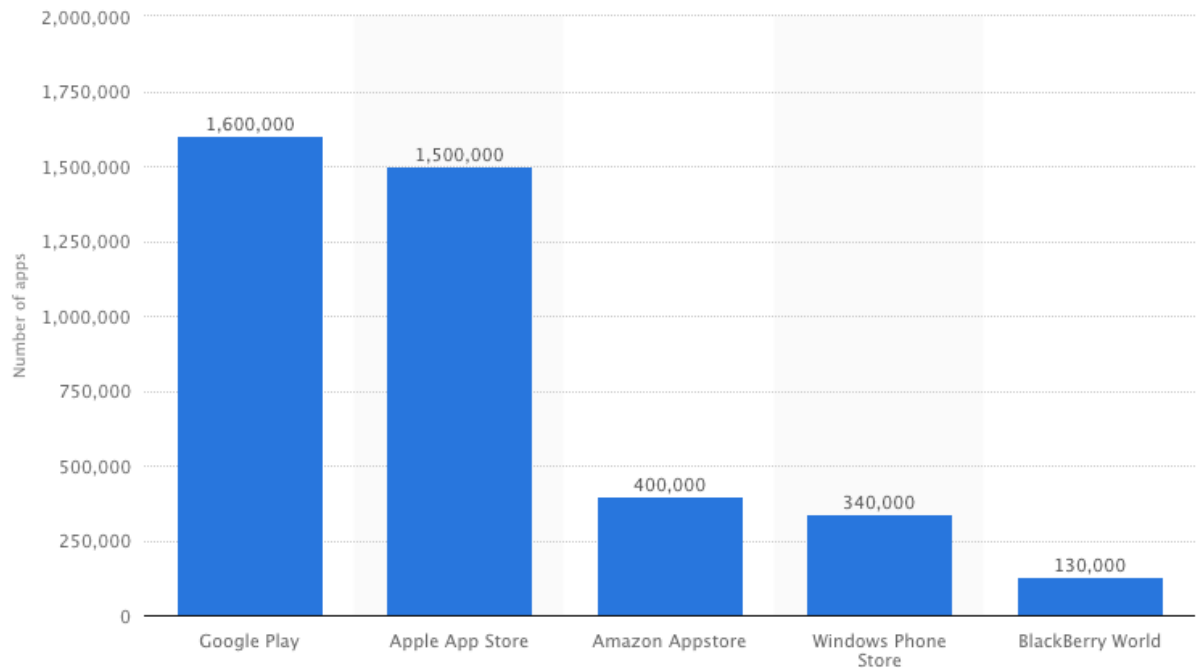


Рисунок 1.2 - Кількості мобільних додатків в магазинах мобільних додатків [1]

## 1.2. Статистика mHealth

З моменту запуску iPhone у 2007 році, мобільні технології у сфері охорони здоров'я стали постійно зростаючим трендом серед людей по всьому світу.

52% користувачів збирають інформацію про стан свого здоров'я на мобільних пристроях. Це включає в себе інформацію про конкретну медичну проблему, процедури, дієти, харчування або фітнес. Також популярними є такі теми:

- рецепти або ліки. що продаються без рецепту
- альтернативні методи лікування

- медична страховка
- депресія, неспокій стан або стрес
- і конкретний лікар або лікарня.

Проте, пошук інформації про стан здоров'я – не єдиний приклад використання мобільних пристроїв. Медичні фахівці використовують мобільні пристрої для надання професійних медичних послуг. Цей ринок за прогнозами, у 2017 році буде коштувати близько \$ 26 млрд (згідно зі звітом про ринок мобільної охорони здоров'я по Research2Guidance за 2013-2017 pp). [2]

### **1.3. Тенденції mHealth**

За останні кілька років, спостерігається стрімке зростання кількості мобільних пристроїв на ринку - від планшетів до носимих пристроїв. Медичні співробітники стають мобільними. Згідно з тим же звітом Research2Guidance, 80% лікарів використовують смартфони і медичних програми.

Якщо раніше для галузі охорони здоров'я було проблемою адаптуватись для використання мобільних пристроїв через проблеми з дотриманням безпеки ІТ, то тепер все більше організації долають ці труднощі. Оскільки все більше додатків для здоров'я розробляються з дотриманням вимог HIPAA та приватної практики, лікарням та іншим закладам медичної галузі стає простіше інтегрувати мобільні пристрої у всій організації. Постачальники і співробітники тепер використовують мобільні для спілкування, безперервної освіти, передачі записів про пацієнтів.

Найбільший ризик від мобільної медицини – витік інформації. Тому важливо реалізувати правильну архітектуру ІТ-системи, аби мінімізувати можливі збитки від більшості ризиків. Наприклад, втрата або крадіжка мобільного пристрою.

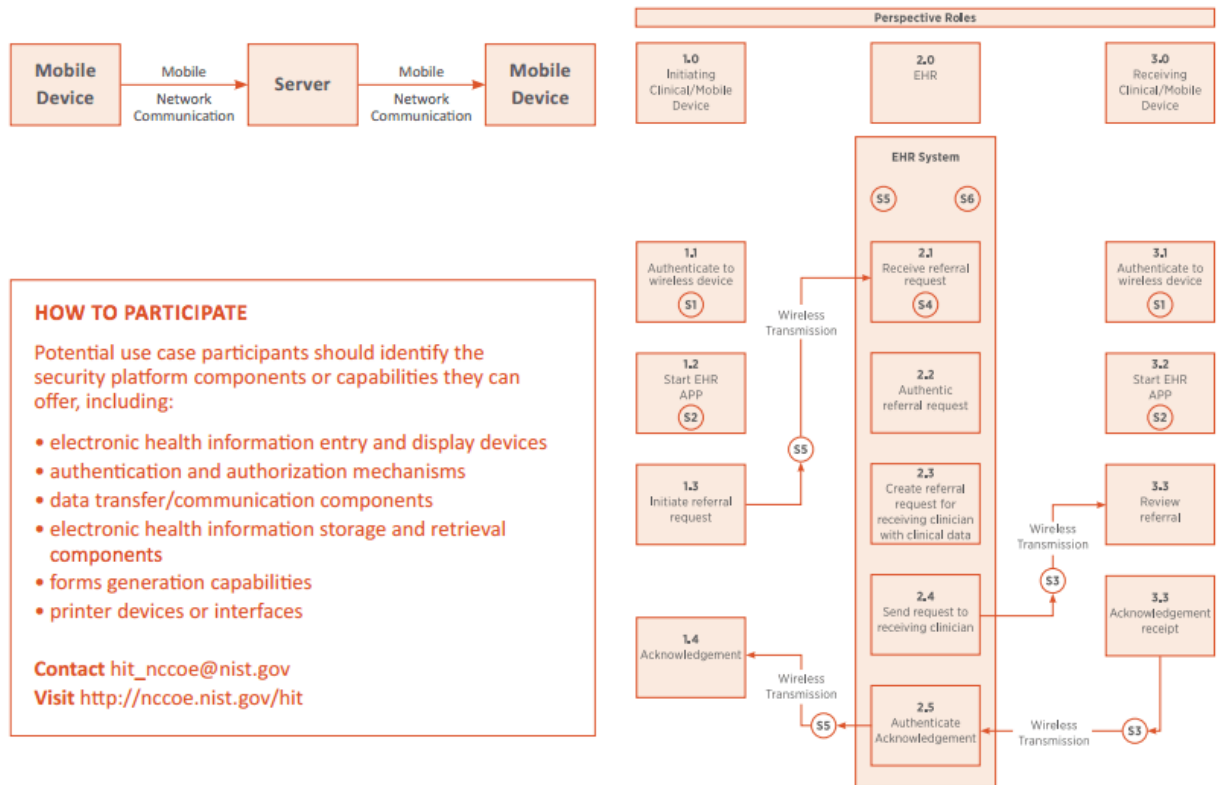


Рисунок 1.3 - Компоненти mHealth [2]

За статистикую 91% дорослого населення мають при собі мобільні пристрої в режимі 24/7. Це 24 години на добу, сім днів на тиждень, а це означає, що мобільні пристрої знаходяться поруч з користувачами, навіть коли вони сплять. Таке використання не є рідкістю в медичній галузі, оскільки характер роботи часто вимагає, щоб лікарі були доступні в будь-який час дня і ночі. У той же час, лікарі повинні мати доступ до джерел інформації в різний час.

### 1.3.1. Розвиток ринку мобільної медицини

Сьогодні 61% користувачів мобільних пристроїв хоча б раз встановлювали додаток з mHealth. Це приголомшлива цифра. Люди хочуть бути в курсі про стан свого здоров'я, а медичні заклади хочуть мати зв'язок з пацієнтом, коли їм це потрібно.

Згідно з результатами дослідження, загальна вартість додатків mHealth в 2010 році склала лише \$ 85 млн. З тих пір вона виросла до приблизно \$ 489 млн у 2015 році. Сама по собі цифра у \$ 489 млн не є приголомшливою для ринку мобільної медицини в цілому, але вона показує тенденцію к стрімкому зростанню, зважаючи на ненасиченість ринку.

Крім того, це зростання відбувається швидше, ніж у багатьох інших категорій додатків. Згідно з результатами дослідження, загальне зростання додатків склало 38,1 % та посилюється щорічно протягом останніх п'яти років, в той час як для медичних додатків - 41,9 %.

### **1.3.2. Приклад впровадження mHealth**

Госпіталь Nahnemann у Філадельфії представило тестовий мобільний додаток, що реалізував функції служби підтримки та текстового чату з 350 пацієнтами з застійною серцевою недостатністю. В ході цього експерименту пацієнти отримували по електронній пошті та через текстові повідомлення нагадування про необхідність наступного візиту до лікарні.

В результаті лікарні вдалось скоротити 30-ти денний термін повторної госпіталізації на 10%. В кінці 10 місяців пілотного проекту було зроблено висновки, що мобільний додаток може не тільки допомогти пацієнтам дотримуватися графіку лікування, а ще й зекономити кошти лікарні.

## **1.4. Як лікарі використовують мобільні пристрої**

Ось деякі статистичні дані про джерела інформації, які лікарі шукають за допомогою мобільних пристроїв:

- 72% лікарів отримують інформацію про ліки з смартфонів.
- 63% лікарів отримати доступ до медичних досліджень з планшетів.



- 44% лікарів спілкуватися з медсестрами та іншими співробітниками через смартфони.

Окрім швидкого пошуку інформації мобільні пристрої використовуються для комунікації лікар-пацієнт та збору медичних даних. Зазвичай спілкування відбувається через спеціальний додаток – медичний портал. За даними дослідження 2015 HIMSS Mobile Technology Survey з 200 опитаних респондентів 90% використовують мобільні технології для залучення пацієнтів до процесу надання медичної допомоги.

За допомогою мобільних пристроїв пацієнти можуть збирати спеціалізовані дані з деяких захворювань протягом тривалого проміжку часу, які раніше було важко отримати. Лікарі також можуть аналізувати поведінку пацієнтів, характер фізичних навантажень. Наприклад, браслети Fitbit та Jawbone`s Up24, які є популярними серед користувачів, можуть з легкістю відстежувати фізичні вправи, харчування та навіть цикли сну. Інші пристрої, такі як глюкометри від компанії iHealth, дозволяють пацієнтам вимірювати кількості цукру у крові та ділитися цими даними зі своїм лікарем.

## **1.5. Огляд мобільних додатків**

За останні десять років життя людей з діабетом значно поліпшилось. Збільшилась кількість інформації про хворобу та методи ранньої діагностики [3]. Можливості для домашнього моніторингу хвороби започаткували нове покоління пацієнтів.

Не дивлячись на наявність великої кількості мобільних додатків, розроблених для Apple's iPhone, Google's Android, BlackBerry і Nokia Symbian і доступних сьогодні людям з цукровим діабетом (таких додатків близько 200 найменувань!), існують певні невідповідності між науково обґрунтованими клінічними рекомендаціями до основними функціями і параметрами таких

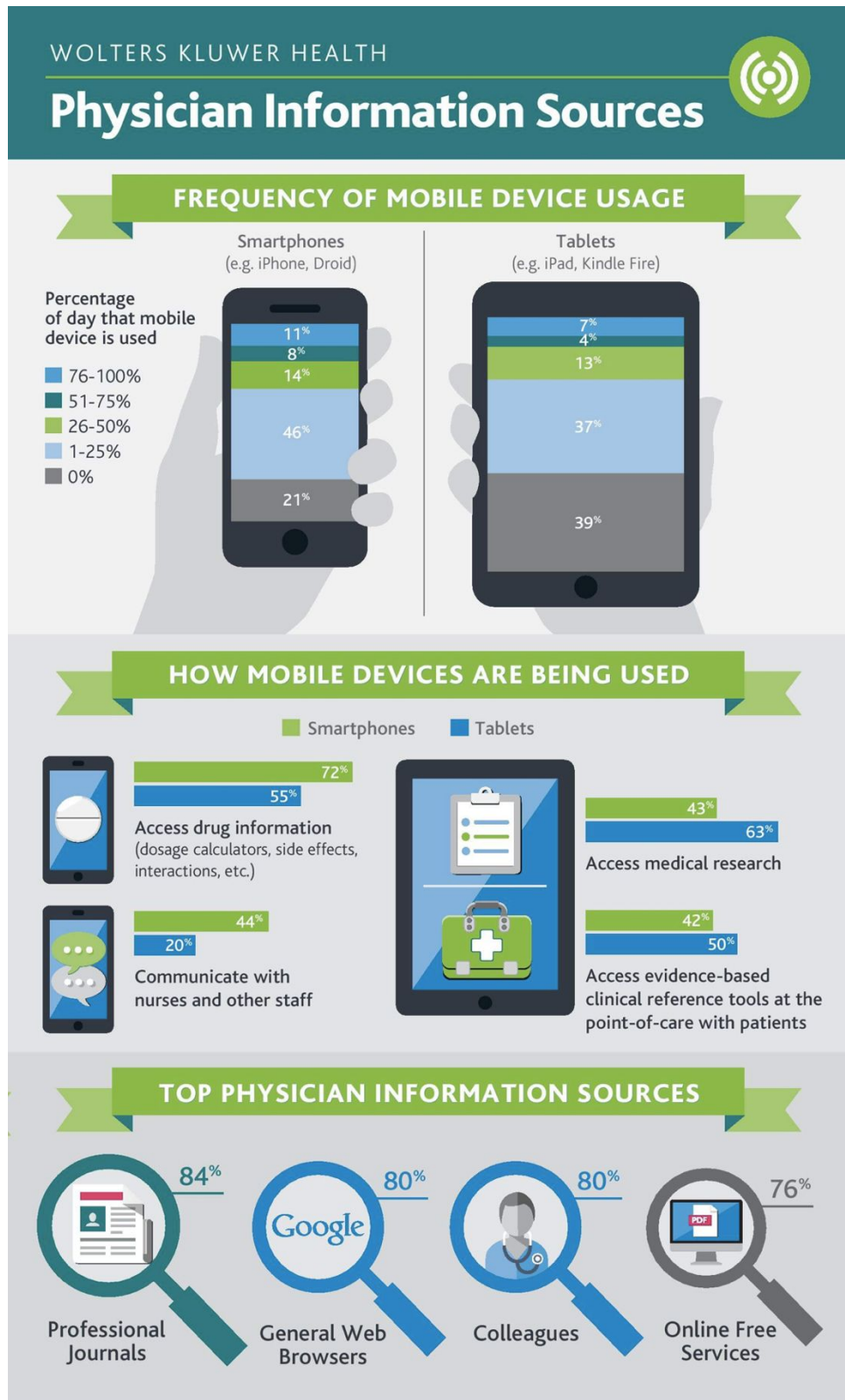


Рисунок 1.4 - Використання мобільних пристроїв лікарями [2]

додатків [4] і реальними функціональними можливостями наявних мобільних додатків, які можна знайти в інтернет–магазинах [5].

Фахівці з лікування діабету рекомендують використати мобільні засоби самоконтролю пацієнта за наступними важливими показниками:

- «персоналізація» медичної інформації, що поставляється пацієнтові, та зворотним зв'язком з лікарем;
- моніторинг стану пацієнтів і негайна допомога в екстремальних випадках;
- моніторинг уживаного інсуліну і ходу медикаментозного лікування;
- соціальна та психологічна допомога;
- контроль застосовується дієти;
- контроль ваги пацієнта;
- контроль фізичної активності;
- інші терапевтичні заходи лікування (догляд за ногами, догляд за очима);
- імунізація;
- попередження ускладнень хвороби [6].

На сьогодні в світі немає мобільних додатків, що підтримують всі перераховані вище рекомендації медиків [7]. Наявні програми можна умовно розділити на три класи в залежності від їх функціональності [8].

### 1.5.1. mySugr Diabetes Logbook

Таблиця. 1.1 - mySugr Diabetes Logbook

| Платформа | Ціна додатку |
|-----------|--------------|
| iPhone    | Безкоштовно  |
| Android   | Безкоштовно  |

### **Можливості**

- Розроблений для діабету 1-го та 2-го типів
- Можливості для швидкого запису прийому їжі, медикаментів, інсуліну та інше.
- Персональна статистика за день, тиждень, місяць, рік
- Спеціальні програми для мотивації користувача виконувати терапії
- Інтеграція з Apple Health ®
- Захищене резервне копіювання

### **Інтеграції**

- Інтеграція з Apple Health ® та можливість імпорту CSV
- Інтеграція через Bluetooth з Accu-Chek® Aviva & Performa Connect та Beurer GL50 evo

### **1.5.2. Track3 - Diabetes Planner**

Таблиця. 1.2 - Track3 – Diabetes Planner

| <b>Платформа</b> | <b>Ціна додатку</b> |
|------------------|---------------------|
| iPhone           | 5.99 USD            |
| Android          | 5.99 USD            |

Track3 Diabetes Tracker & Logbook App допомагає відстежувати усі фактори та підтримувати в нормі рівень цукру у крові. Має простий інтерфейс запису їжі, рівня глюкози, інсуліну, медикаментів, фізичних вправ та ваги.

### **Можливості**

- Відстежувати рівень глюкози
- Вбудована база даних про 100 000 продуктів та страв з інформацією про вміст вуглеводів.
- Графіки рівня глюкози
- Записи про прийом інсуліну
- Записи про фізичні вправи
- Лічильник вуглеводів
- Експорт інформації у PDF

### 1.5.3. Diabetes in Check

Таблиця. 1.3 - Diabetes in Check

| Платформа | Ціна додатку |
|-----------|--------------|
| iPhone    | Безкоштовно  |
| Android   | -            |

Додаток для людей з діабетом 2-го типу.

#### Можливості

- Цифровий тренер
- Відстежування рівня глюкози на основі даних аналізу крові, записів про їжу, фізичні вправи та рівня стресу.
- Контроль прийому медикаментів; Встановлення нагадувань та контроль прийому медикаментів, аби підтримувати рівень глюкози в нормі.
- Нагадування про виміри глюкози, прийом медикаментів чи запис даних про їжу та фізичні вправи.

- Вуглеводний щоденник. База даних з понад 80 000 страв та продуктів з інформацією про вплив на рівень глюкози.
- Сканер штрих-кодів для швидкого додавання продуктів/товарів в вуглеводний щоденник.
- Спеціальні дієти
- Персональний план харчування.
- Встановлення цілей та вістежування прогресу.
- Швидкий експорт даних для лікаря

#### 1.5.4. Glooko

Таблиця. 1.4 - Glooko

| <b>Платформа</b> | <b>Ціна додатку</b> |
|------------------|---------------------|
| iPhone           | Безкоштовно         |
| Android          | Безкоштовно         |

Glooko – це платформа для людей з діабетом. Вона включає мобільний додаток, пристрій для синхронізації з глюкометрами Glooko MeterSync та інструменти для лікарень.

#### **Можливості**

- Синхронізація даних з глюкометрів, інсулінових pomp та фітнес трекерів
- Записи про прийом їжі та фізичні навантаження
- Зв'язок пацієнта з медичним працівником
- Лічильник вуглеводів
- Вбудована база продуктів
- Персональний аналіз даних пацієнта

### Інтеграції

- понад 40 пристроїв синхронізуються через Glooko MeterSync

#### 1.5.5. iHealth Gluco-Smart

Таблиця. 1.5 - iHealth Gluco-Smart

| Платформа | Ціна додатку |
|-----------|--------------|
| iPhone    | Безкоштовно  |
| Android   | Безкоштовно  |

iHealth Gluco-Smart – це спеціальний додаток для діабетиків в рамках платформи iHealth. Він інтегрується з усіма глюкометрами компанії iHealth та має інтелектуальну систему вводу даних про рівень цукру.

### Можливості

- Запис вимірювань рівня цукру в крові
- Опис кожного запису (до/чи після прийому їжі, тощо)
- Інтеграція з глюкометром iHealth Align
- Аналітика вимірювань
- Навчальні тематичні статті
- Інтеграція з хмарною платформою

### Інтеграції

- Apple Health®
- Глюкометри iHealth Align BG1, iHealth Align BG3

#### 1.5.6. Dario

Таблиця. 1.6 - Dario

| <b>Платформа</b> | <b>Ціна додатку</b> |
|------------------|---------------------|
| iPhone           | Безкоштовно         |
| Android          | Безкоштовно         |

### **Можливості**

- Запис вимірювань рівня цукру в крові
- Опис кожного запису (до/чи після прийому їжі, тощо)
- Аналітика вимірювань. Розпізнавання патернів
- Нагадування та попередження
- Інтеграція з хмарною платформою
- Логування прийому інсуліну та вживання вуглеводів
- Приклади меню харчування

### **Інтеграції**

- Глюкометр Dario All-in-One Smart Meter

## **1.6. Рекомендації з поліпшення**

Додатки для людей з діабетом можна покращити наступним чином:

- розвинути аналітику даних, комбінуючи даних про їжу, фізичні вправи та рівень цукру.
- спростивши роботу з додатком інтегрувавши більше глюкометрів
- додати можливість отримання персональної рекомендації лікаря безпосередньо в додатку
- потрібно аналізувати перспективи інтеграції соціальних мереж в медичні додатки.



Таблиця 1.7 - Порівняння мобільних додатків

| Назва                           | iPhone      | Android     | Можливості   | Інтеграцій   |
|---------------------------------|-------------|-------------|--|--|
| mySugr<br>Diabetes<br>Logbook   | Безкоштовно | Безкоштовно | Розроблений для діабету 1-го та 2-го типів<br>Можливості для швидкого запису прийому їжі, медикаментів, інсуліну та інше.<br>Персональна статистика за день, тиждень, місяць, рік<br>Спеціальні програми для мотивації користувача виконувати терапії<br>Інтеграція з Apple Health ®<br>Захищене резервне копіювання | Apple Health ® та можливість імпорту CSV<br>Accu-Chek® Aviva & Performa Connect<br>Beurer GL50 evo |
| Track3 -<br>Diabetes<br>Planner | 5.99 USD    | 5.99 USD    | Відстежувати рівень глюкози<br>Вбудована база даних про 100 000 продуктів та страв з інформацією про вміст вуглеводів.<br>Графіки рівня глюкози<br>Записи про прийом інсуліну<br>Записи про фізичні вправи<br>Лічильник вуглеводів<br>Експорт інформації у PDF   | -  |
| Diabetes in<br>Check            | Безкоштовно | -           | Цифровий тренер<br>Відстежування рівня глюкози на основі даних аналізу крові,  | -  |

Таблиця 1.7 - Порівняння мобільних додатків (продовження)

| Назва | iPhone | Android | Можливості   | Інтеграцій |
|-------|--------|---------|--|------------|
|       |        |         | <p>записів про їжу, фізичні вправи та рівня стресу.</p> <p>Контроль прийому медикаментів; Встановлення нагадувань та контроль прийому медикаментів, аби підтримувати рівень глюкози в нормі.</p> <p>Нагадування про виміри глюкози, прийом медикаментів чи запис даних про їжу та фізичні вправи.</p> <p>Вуглеводний щоденник. База даних з понад 80 000 страв та продуктів з інформацією про вплив на рівень глюкози.</p> <p>Сканер штрих-кодів для швидкого додавання продуктів/товарів в вуглеводний щоденник.</p> <p>Спеціальні дієти</p> <p>Персональний план харчування.</p> <p>Встановлення цілей та вістежування прогресу.</p> <p>Швидкий експорт даних для лікаря</p> |            |

Таблиця 1.7 - Порівняння мобільних додатків (продовження)

| Назва               | iPhone      | Android     | Можливості   | Інтеграцій   |
|---------------------|-------------|-------------|--|--|
| Glooko              | Безкоштовно | Безкоштовно | Синхронізація даних з глюкометрів, інсулінових помп та фітнес трекерів<br>Записи про прийом їжі та фізичні навантаження<br>Зв'язок пацієнта з медичним працівником<br>Лічильник вуглеводів<br>Вбудована база продуктів<br>Персональний аналіз даних пацієнта | понад 40 пристроїв синхронізуються через Glooko MeterSynce |
| iHealth Gluco-Smart | Безкоштовно | Безкоштовно | Запис вимірювань рівня цукру в крові<br>Опис кожного запису (до/чи після прийому їжі, тощо)<br>Інтеграція з глюкометром iHealth Align<br>Аналітика вимірювань<br>Навчальні тематичні статті<br>Інтеграція з хмарною платформою                               | Apple Health<br>iHealth Align BG1<br>iHealth Align BG3     |
| Dario               | Безкоштовно | Безкоштовно | Запис вимірювань рівня цукру в крові<br>Опис кожного запису (до/чи після прийому їжі, тощо)<br>Аналітика вимірювань.   | Dario All-in-One Smart Meter                               |

Слід зазначити, що розробка мобільних додатків для діабетиків активно триває. Наприклад, Національний науковий фонд США виділив 1,2 млн доларів в 2012 році на розробку нового мобільного додатка, призначеного для пацієнтів з діабетом. Створенням додатка займуться Політехнічний інститут в Вустере (штат Массачусетс) і Медична школа, діюча в складі Університету Массачусетсу. Новий додаток намічено створити за чотири роки. Два перших з них підуть на розробку прототипу, а решту часу - на тестування додатка в Медичній школі при Університеті Массачусетса.

### **1.7. Висновки до розділу 1**

В даному розділі було проведено аналіз існуючих мобільних додатків для хворих на цукровий діабет. Аналіз проводився за наступними критеріями: ціна, функціонал, інтеграція з мобільними глюкометрами.

Було проведено аналіз основних тенденцій у mHealth. Для цього були використані дані статистики використання додатків лікарями та пацієнтами. Також були розглянуті приклади впровадження mHealth в лікарнях світу.

В результаті проведеного аналізу були сформульовані рекомендації з поліпшення.

## 2. ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ РІВНЯ ГЛЮКОЗИ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ

Для того щоб контролювати рівень глюкози в крові, хворим на цукровий діабет, як правило, доводиться виконувати болючі і незручні аналізи крові, роблячи прокол на пальці, в деяких випадках, кілька разів на день. Альтернативою такому “механічному аналізу” може стати імплантований датчик моніторингу глюкози. Він встановлюється хірургічним шляхом, а згодом має видалятися для заміни.

Сучасні технології пропонують більш прості та зручні неінвазивні методи аналізу глюкози, такі як лазерний аналіз, спектральний аналіз. біосенсиори та інші.

### 2.1. Глюкозооксидазний метод

Глюкозооксидазний (фотометричний) метод аналізу базується на реакції окислення глюкози в присутності ферменту глюкозооксидази з утворенням перекисі водню, яка в свою чергу в присутності пероксидази окислює ортолідін з утворенням забарвлених продуктів. О концентрації глюкози роблять висновок аналізуючи кількість забарвлених продуктів.

Найбільш важливою частиною глюкометру є тест-смужка. Вона отримує зразок крові та передає виміри на мікроконтроллер через аналогово-цифровий перетворювач. Це 3 основних елементи глюкометру. Інші компоненти є опціональними або переферійними. На схемі відображена базова схема компонентів глюкометру.

Сенсор у тест-смужці використовує платиновий та срібний електроди для електролізу перекисі водню. В результаті реакції окислення глюкози на глюкозооксидазній мембрані виділяється пероксид водню. Визначити

концентрацію глюкози можна вимірюючи силу струму, що проходить через результати реакції.

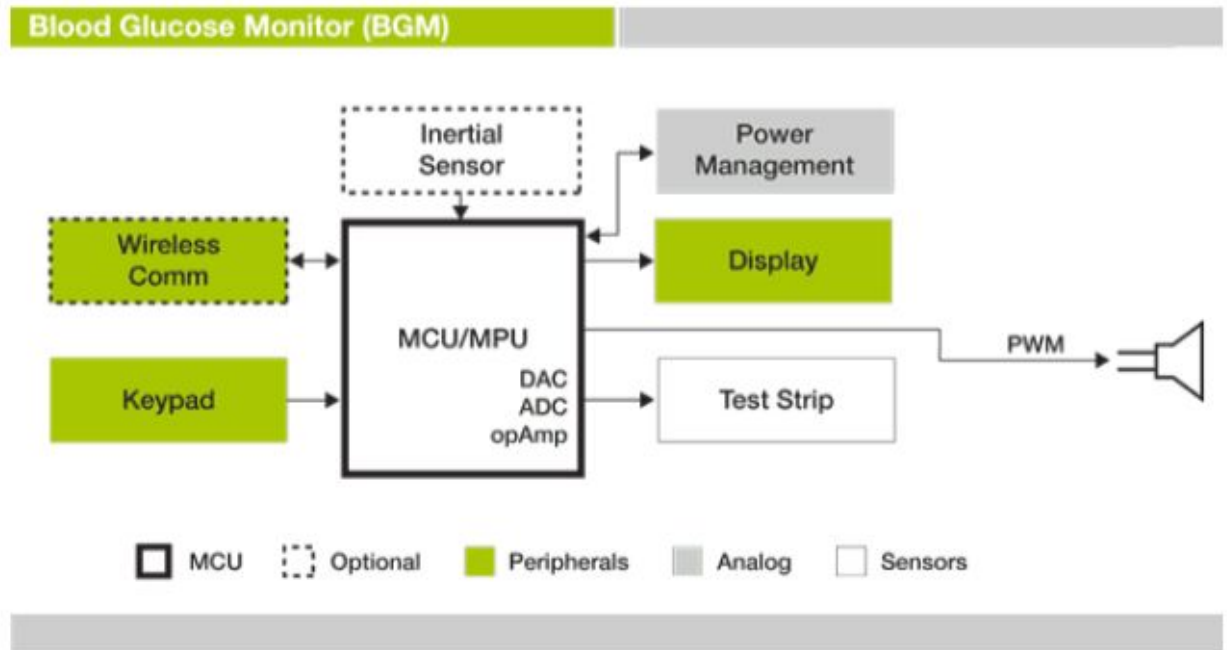


Рисунок 2.1 - Схема компонентів глюкометра [6]

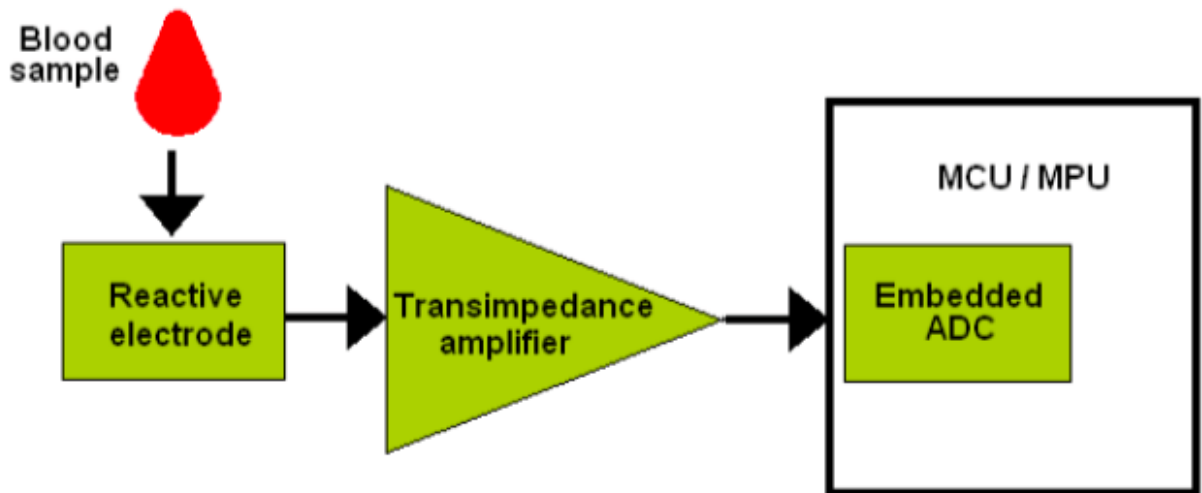


Рисунок 2.2 - Схема компонентів тест-смужки [6]

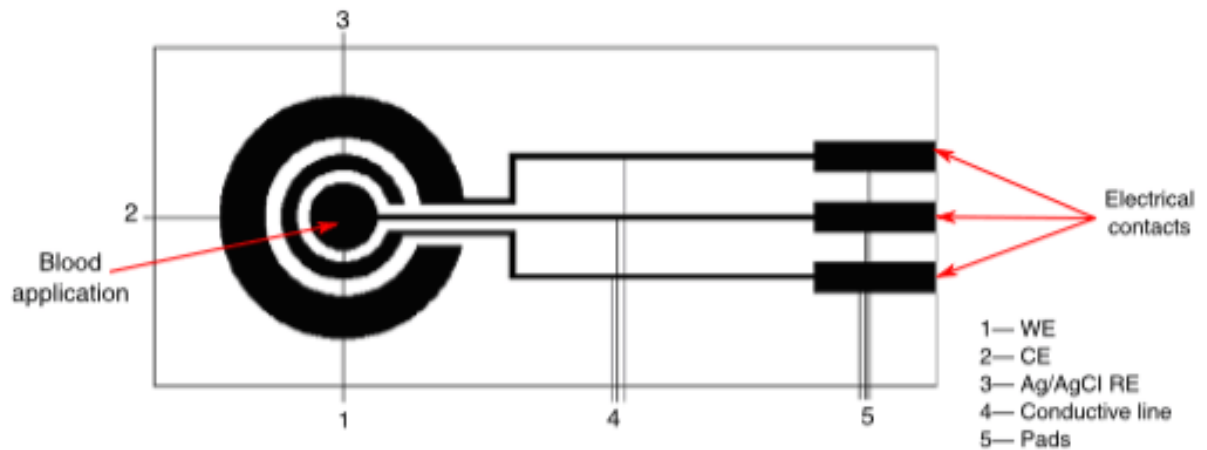


Рисунок 2.3 - Схема побудови чіпу тест-смужки [6]

У портативних глюкометрах використовується постійна сила струму у 0.3V. Залежність сили струму від концентрації глюкози лінійна в діапазоні від 5 до 30 mmol/L. Швидкість виміру становить приблизно 20 секунд.

## 2.2. Лазерний аналіз

Лазерний аналіз базується на здатності глюкози до поглинання інфрачервоного світла. Базовий прилад для аналізу рівня глюкози складається з лазера, детектору та процесору для обробки результатів. Одним з прикладів системи лазерного аналізу є GlucoSense.

Система GlucoSense була розроблена професором Гін Хосе та його командою в Університеті Лідса [9]. Пацієнту потрібно помістити подушечку пальця навпроти невеликого скляного віконця на пристрої. Малопотужний лазерний промінь ближнього інфрачервоного світла проектується через це вікно на палець. Частина світла поглинається глюкозою в крові, а інша відбивається назад на пристрій.

Відбите проміння, потрапляючи на скляну поверхню, починає світитися в інфрачервоному спектрі. Чим більше світла відіб'ється, тим довше буде світіння.



Рисунок 2.4 - Лазерний детектор [14]

Шляхом вимірювання тривалості цієї флуоресценції, процесор в пристрої здатний визначити, скільки вихідного лазерного світла поглинається глюкозою, таким чином можна визначити кількість глюкози в крові. Весь процес займає менше 30 секунд.

Ця технологія вже пройшла період клінічних випробувань та процес комерціалізації. Розробники анонують 2 комерційні пристрої: настільний пристрій та портативний, що вимірює рівень глюкози безперервно.

Інший метод використання лазера розробляють в університеті Тохоку (Японія). Дослідники вважають, що використання ближнього інфрачервоного світла не повністю підходить для вимірювань, так як воно поглинається не тільки глюкозою, а ще й водою, білком та гемоглобіном. Тому це зменшує точність таких вимірювань.



Їм вдалося подолати обмеження близького інфрачервоного освітлення, зосередившись на дальньому інфрачервоному світлі. Хвилі довжиною близько 10 мікрон сильніше поглинаються глюкозою. З іншого боку таке світло проникає тільки на кілька мікрон під шкіру. Так що для того, щоб правильно виявити вміст глюкози в крові за допомогою цього методу, команда була змушена придумати новий спосіб застосування і вимірювання його наслідків.

Їхній пристрій складається з гнучких оптичних волокон, які випромінюють інфрачервоне світло через невелику призму на кінці. Застосовуючи його до внутрішньої частини рота, де слизова оболонка вистилає внутрішні губи дослідники змогли виміряти рівень глюкози в крові з менш ніж 20% похибки.

В університеті Принстона розробляється пристрій, що використовує інфрачервоне світло в середньому діапазоні. Використання цього спектру світла дозволяє уникнути абсорбції променю водою та білками, але в той же час існують труднощі з генерацією такого променю. Потрібен досить потужний та стабільний лазер для того, щоб промінь зміг проникнути крізь шкіру. Дослідники знайшли вихід, побудувавши новий тип квантово-каскадного лазера [10].

Квантово-каскадний лазер може виробляти одну з безліч частот. Це можливо через проходження електронів крізь каскад напівпровідникових шарів. Недавні розробки також забезпечують підвищену потужність та стабільність, що дозволяє дослідникам проводити дослідження з середнім інфрачервоним світлом.

При тестуванні дослідники вимірювали рівень цукру у 3 здорових людей до та після прийому солодкої їжі. Результати аналізу лазером порівнювалися з результатами аналізу крові. Ці виміри проводились регулярно протягом декількох тижнів. Точність приладу склала 84 відсотки.

### 2.3. Раман-спектроскопія

Раман-спектроскопія — вид спектроскопії, в основі якої лежить здатність досліджуваних систем (молекул) до непружного (раманівського) розсіювання монохроматичного світла [11].

Суть методу полягає в тому, що через зразок досліджуваної речовини пропускають промінь із певною довжиною хвилі, який при контакті зі зразком розсіюється. Отримані промені за допомогою лінзи збираються в один пучок і пропускаються через світлофільтр, що відділяє слабкі (0,001 % інтенсивності) раманівські промені від значно інтенсивніших (99,999 %) релейських. «Чисті» раманівські промені підсилюються і спрямовуються на детектор, який фіксує частоту їхнього коливання.

Спектроскопія дозволяє ідентифікувати хімічні сполуки. Цей метод для аналізу рівня глюкози протягом 15 років розробляють у лабораторії спектроскопію у Масачусетському технологічному інституті (МІТ). Метод дозволяє провести аналіз глюкози через просте сканування руки пацієнта або пальця ближнім інфрачервоним світлом.

Дослідники з МІТ розробили малий Раман-спектрограф, розміром з ноутбук, який може бути встановлений в кабінеті лікаря.

Одною з головних перешкод, з якою стикалися дослідники полягає в тому, що в ближньому інфрачервоному діапазоні світло проникає лише близько на півміліметра під шкіру, так що спектрограф вимірює кількість глюкози в рідині, яка омиває клітини шкіри (відома як міжклітинна рідина), а не кількість глюкози в крові. Щоб подолати це, команда придумали алгоритм, який пов'язує між собою дві концентрації, що дозволяє їм прогнозувати рівень глюкози в крові на базі концентрації глюкози в міжклітинній рідині.

Проте точність такого калібрування значно зменшується після прийому їжі, тому що рівень глюкози в крові збільшується швидко, на відміну від рівня в міжклітинній рідині – це може займати від 5 до 10 хвилин.

Аби поліпшити часову кореляцію дослідники розробили новий алгоритм динамічної концентраційної корекції (DCC), що включає швидкість, з якою глюкоза дифундує з крові в тканинну рідину. Завдяки цьому алгоритму вдалось підвищити точність вимірювань в середньому на 15 відсотків, а в деяких випадках на 30%.

#### **2.4. Розумні контактні лінзи**

Потенціал розумних контактних лінз для лікування діабету, вперше став очевидним у 2009 році, коли професор Джин Чжан з університету Західного Онтаріо інтегрував електронні наноконпоненти в гідрогелеві лінзи. Ця система контролювала сльози на підвищення або зниження рівня цукру. В тому випадку, якщо рівень глюкози був небезпечний, система викликала хімічну реакцію, що змінювало колір лінзи.

У 2012 році цією технологією зацікавились у Microsoft. Вони розпочали спільний проект з Університетом штату Вашингтон в рамках якого намагались інтегрувати електроніку в контактні лінзи для бездротової передачі рівня глюкози. [12]

У 2014 року проект розумних контактних лінз анонсувала компанія Google. Команда проекту під керівництвом Брайана Отіс і Бабак Парвіз в лабораторії Google X, розробила бездротової чіп і мініатюрний датчик глюкози, що вставляються між двома шарами м'якого матеріалу для контактних лінз. Такі смарт-контактні лінзи, за даними Google, здатні отримувати рівень глюкози кожену секунду. Команда проекту працює над функцією, що могла б попереджати користувача, коли глюкоза знаходиться на небезпечних рівнях за допомогою вбудованого діоду. [13]

Google заявляє, що вони завершили численні клінічні наукові дослідження і в даний час ведуть переговори з управлінням з якості харчових продуктів та медикаментів США (FDA). Вони також шукають партнерів для розробки додатків аби підвищити зручність роботи з пристроєм для лікарів і пацієнтів.

## 2.5. Біосенсори

Замість аналізу проб крові, біосенсор здатен безперервно вимірювати рівень глюкози через аналіз таких рідин, як пот чи сльози. Один із таких сенсорів розробляється в інституті Фраунгофера (Fraunhofer Institute for Microelectronic Circuits and Systems – IMS).



Рисунок 2.5 - Біосенсор біля ока людини [11]

В той час як сама ідея біосенсорів не нова, попередні реалізації подібних пристроїв були надто великими, неточними та споживали забагато енергії. Новий біосенсор складається з чіпа, розмір якого всього 0.5 x 2 mm та яких споживає менше 100 мікроампер на п'ять вольт.

Чіп пристрою інтегрує нано-потенціостату, що вимірює концентрації перекисі водню ( $H_2O_2$ ) та інших хімічних речовин, які виникають в наслідок електрохімічної реакції. Реакція виникає за допомогу ферменту – глюкозооксидази (GOx). Пристрій використовує концентрації цих хімічних речовин для розрахунку рівня глюкози користувача. Також в пристрій інтегровані аналого-цифровий перетворювач, що перетворює електрохімічні сигнали в цифрові дані, та передавач, які може передавати дані по бездротовій мережі на мобільних пристрій.

Інший біосенсор був розроблений датською компанією NovioSense. Він встановлюється між вікою та глазом та має технологію вимірювання схожу з вищеописаною.

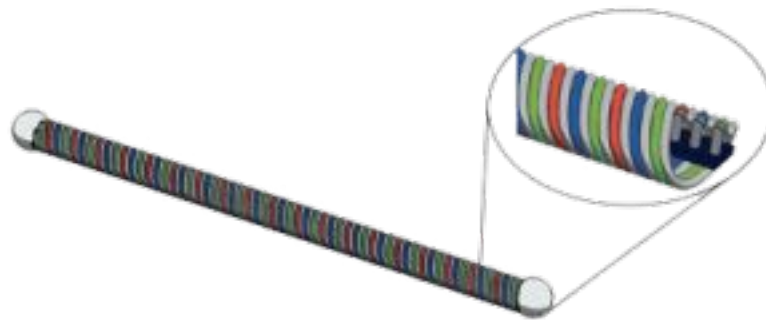


Рисунок 2.6 - Схема пристрою NovioSense BV [24]

NovioSense BV складається з декількох проводів, що поєднуються у формі пружини та утворюють мікро-електрохімічний осередок. Спиральна форма надає пристрою гнучкості та може відповідати контуру навколишнього середовища. Порожній сердечник котушки забезпечує корпус для нано-потенціостату і нано-чіпи передавачі, які дозволяють передавати вимірювання на мобільний пристрій. Захисний шар пристрою складається з гідрогелю, що утворює гладку поверхню. Гнучкість і м'який гель покриття

означає, що датчик може бути використаний в якості неінвазивного пристрою моніторингу без дискомфорту.

## 2.6. Тату-монітори

В Каліфорнійському університету, Сан-Дієго аспірантом Amap Vandodkar, розробляється прототип гнучкого пристрою, що складається з електродів, надруковані на папері для тимчасового татуювання.

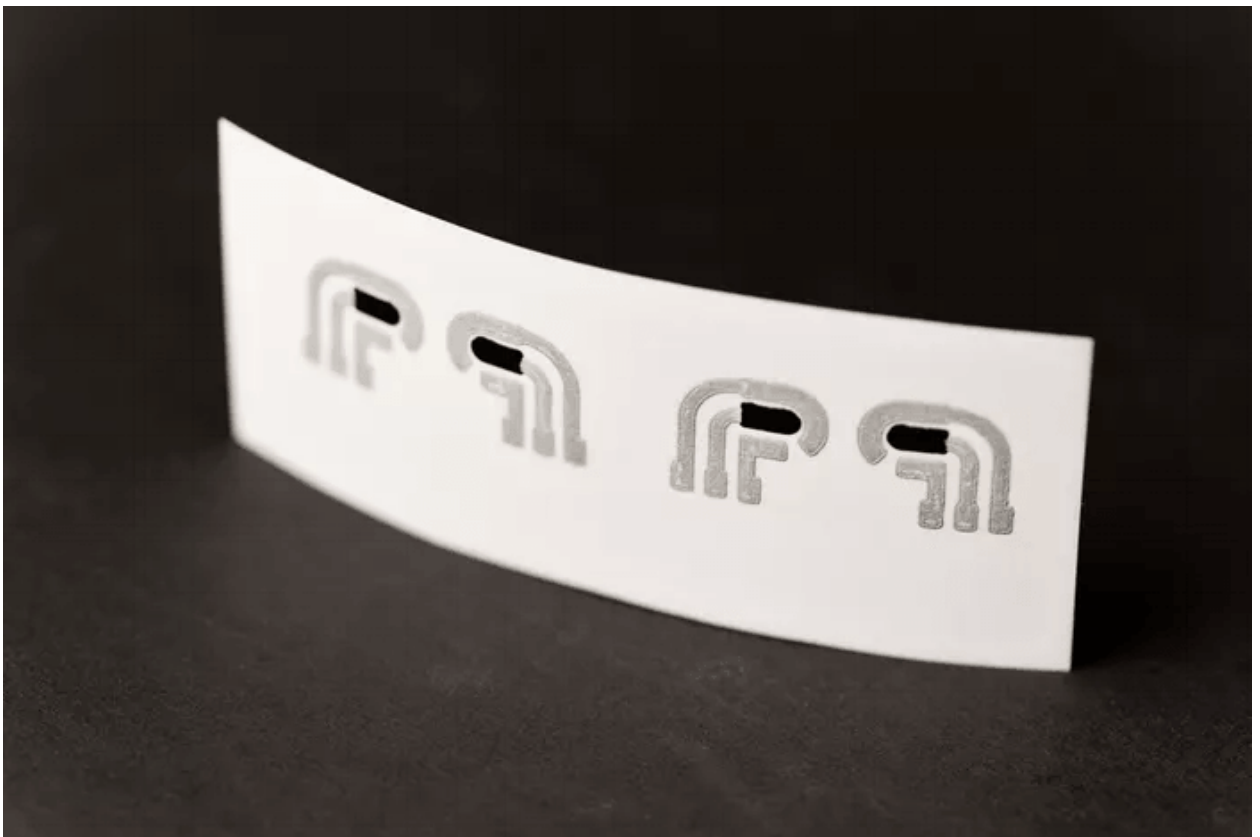


Рисунок 2.7 - Тату монітор [14]

У лабораторних тестах, тату-монітори були застосовані до та після прийому високо вуглеводної їжі. Татуювання виявило сплеск рівня глюкози так само точно, як і традиційний тест.

На даний час тату-монітори не забезпечують числовий аналіз рівня глюкози. Для цієї мети розробляється окремий пристрій. Команда також працює над створенням більш витривалих татуювань, так як вони на даний

час здатні витримувати близько доби після нанесення на шкіру. На щастя, вони дуже недорогі [14].



Рисунок 2.8 - Ручка для малювання тату-монітору [15]

Дослідники також розробили чорнило та ручку, за допомогою яких можна намалювати сенсор безпосередньо на поверхні тіла. Чорнило безпечне для застосування в організмі людини, і може зберігатися до застосування протягом тривалого періоду часу. Було підраховано, що чорнила в одній ручці було б достатньо для близько 500 індивідуальних тестів [15].

## **2.7. Аналіз слини**

У 2012 році вчені з Університету Брауна Род-Айленд розробили прототип біочіпу для виявлення дуже низьких концентрацій глюкози в слині.

Біочіп має квадратну форму розміром в один дюйм, який покритий шаром срібла. В це срібло інтегровані тисячі нано-інтерферометрів. Кожен з них складається з однієї щілини, та двох каналів; щілини шириною 100

нанометрів, яка проходить прямо через срібло та каналів шириною 200 нм, що йдуть паралельно щілини з обох боків.

Коли світло проходить крізь рідину, деякі фотони захоплюються щілинами, в той час як інші фотони розсіюються канавками та взаємодіють з вільними електронами на поверхні срібла. Ці взаємодії призводять до коливань, відомих як поверхневих плазмон [16].

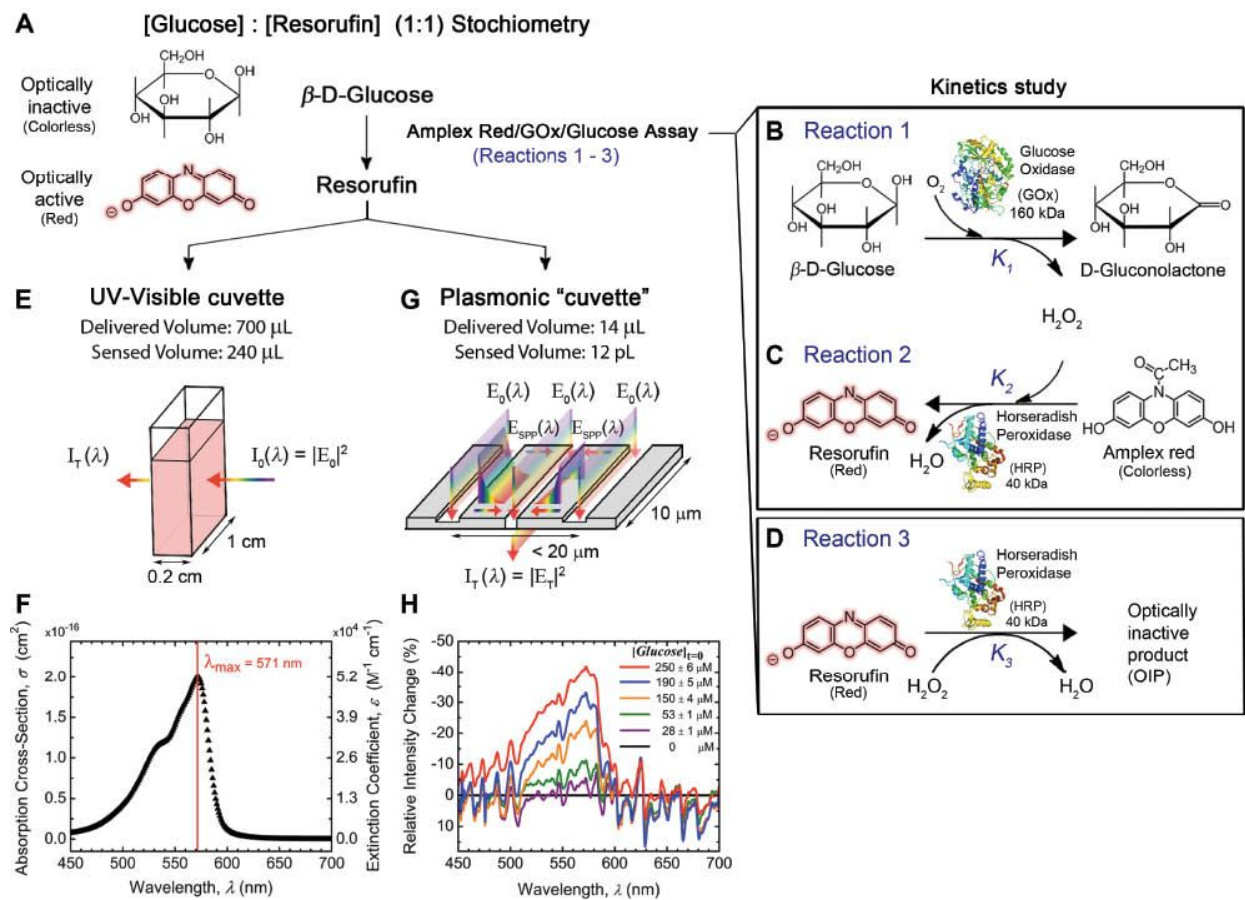


Рисунок 2.9 - Схема побудови біочіпу для аналізу слини [15]

Коли фотони, що проходять по каналам, зустрічаються з фотонами, замкненими в щілині, виникає інтерференція. Величина інтерференції залежить від концентрації глюкози в рідині, а також впливає на кількість світла, яке здатне пройти крізь щілину. Вимірюючи інтенсивність світла, що проходить крізь кожен щілину, датчик може визначити концентрацію глюкози в рідині.



## **2.8. Висновки до розділу 2**

В даному розділі були розглянуті технології аналізу рівня глюкози в організмі людини. Серед них були описані глюкооксидазний метод, лазерний метод, метод рама-спектроскопії, біосенсиори та інші. Глюкооксидазний метод, що використовує для аналізу рівня глюкози в крові хімічну реакцію окислення оксидази та вимірює силу струму у продуктах реакції. Лазерний метод базується на принципі поглинання глюкозою світла в інфрачервоному діапазоні. Розумні контактні лінзи здатні аналізувати рівень цукру в сльозі кожної секунди та змінювати колір при підвищенні показників встановленої норми. Біосенсиори, найменші з розглянутих технології, аналізують піт та сльози. Тату монітори аналізують піт та змінюють колір при змінах в показниках.

### 3. ПРОТОТИП МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ

У ході виконання дипломної роботи було розроблено кросплатформений мобільний додаток на базі Apache Cordova для платформи Apple iOS.

#### 3.1. Огляд технологій розробки

**Apache Cordova** – це популярний фреймворк для розробки кросплатформених мобільних додатків. Apache Cordova дозволяє програмним інженерам будувати додатки для мобільних пристроїв, використовуючи веб-технології, такі як CSS3, HTML5 та Javascript, замість специфічних для кожної платформи API. Він дозволяє обернути інтернет-додаток для кожної з платформ, розширюючи можливості стандартного HTML та Javascript для роботи з пристроєм. Остаточний додаток є гібридним, маючи на увазі те, що вони поєднують можливості веб та нативних додатків [17].

Apache Cordova дозволяє розширювати функціонал за допомогою нативних плагінів, що можуть викликатися з веб частини додатка. Плагіни зокрема дозволяють використовувати акселерометер, камеру, компас, файлову систему, мікрофон та інші компоненти смартфона. Фреймворк підтримує розробку для операційних систем Apple iOS, Bada, BlackBerry, Firefox OS, Google Android, LG webOS, Microsoft Windows Phone (7 та 8), Nokia Symbian OS, Tizen та Ubuntu Touch.

При розробці додатка були використані наступні технології:

- **Angular JS** – побудова бізнес-логіки
- **SASS** – пре-процесор CSS
- **HTML5** – мова побудови інтерфейсу

- **Apache Cordova** – кросплатформеніть додатку
- **Gulp** – автоматизація побудови проекту
- **Git** – система контролю версій
- **Ionic Framework** – бібліотека елементів інтерфейсу

### 3.2. Функціонал

Додаток виконує функції щоденника рівня глюкози в крові. Він зберігає інформацію про вимірювання та будує інтерактивні графіки за проміжки часу.

Дані вимірювань зберігаються в локальному сховищі мобільного пристрою. Кожне вимірювання містить дані про рівень цукру, час вимірювання та коментар про запис. Для зручного користування передбачено правила перевірки для всіх форм вводу даних користувачем.

Для інтеграції з мобільним глюкометром iHealth Align BG1 було використано SDK від компанії розробника для платформи Apple iOS. За допомогою можливостей технології Apache Cordova для додатка було розроблено плагін з універсальним інтерфейсом для всіх платформ. Для Apple iOS було розроблено модуль інтеграції SDK та Apache Cordova.

### 3.3. Архітектура мобільного додатку

Система складається з мобільного додатку, глюкометру та тест-смужок. Тест-смужка – це спеціальна мікросхема, що безпосередньо зчитує дані про рівень цукру в крові. Даль ці дані передаються до глюкометру, що аналізує ці їх та передає на мобільний пристрій. Мобільний додаток надає візуальний інтерфейс для роботи з глюкометром та зберігає інформацію про попередні вимірювання.

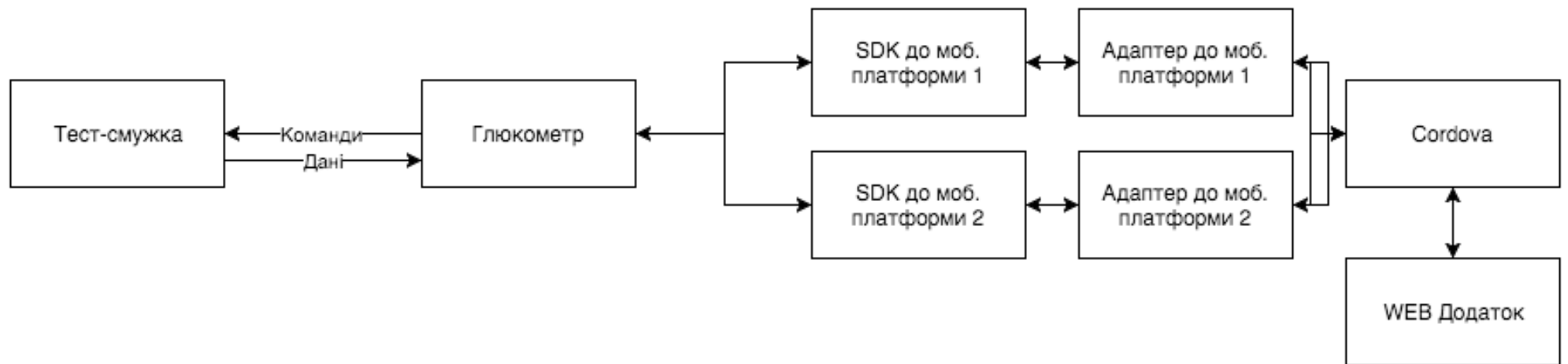


Рисунок 3.1 - Архітектура програмного продукту

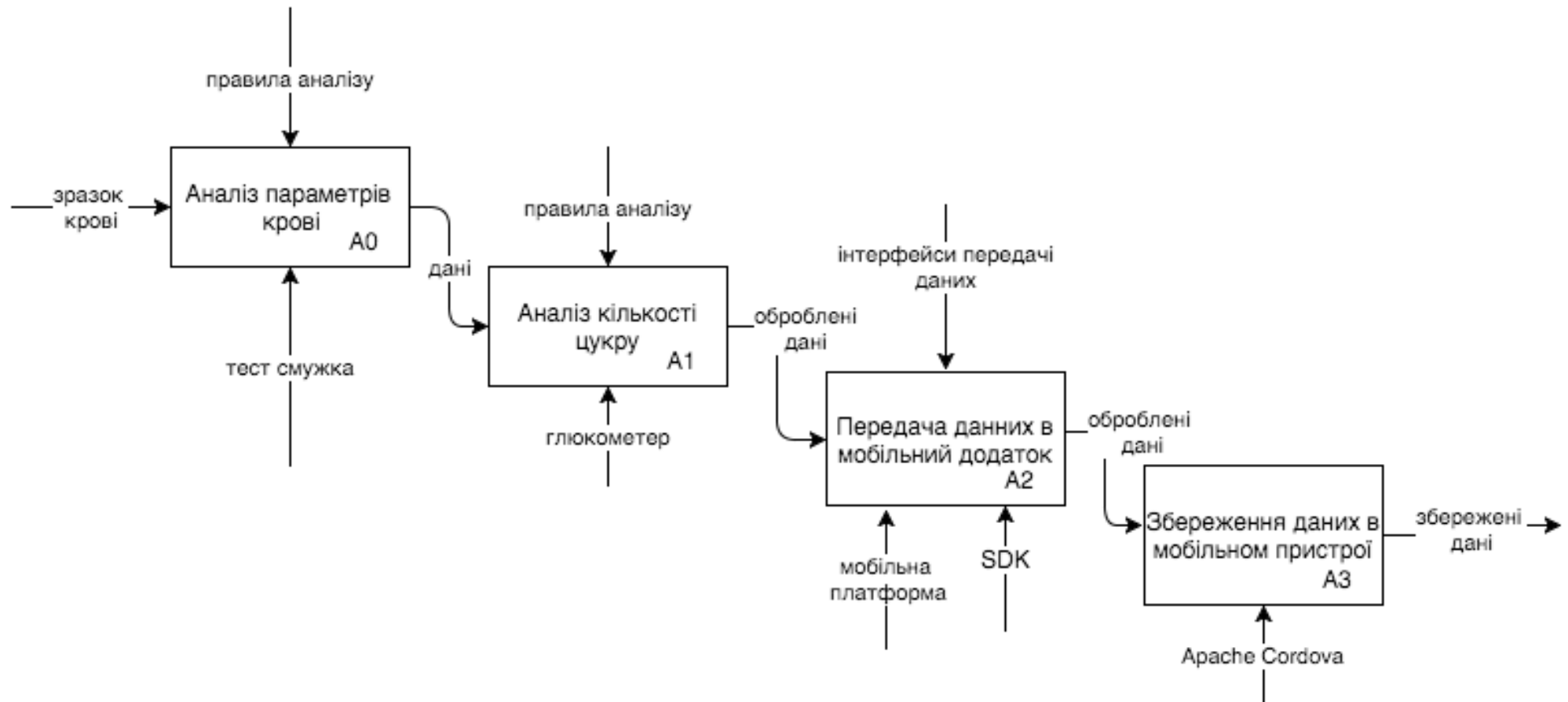


Рисунок 3.2 - Діаграма потоків даних і процесів при отриманні даних від глюкометру

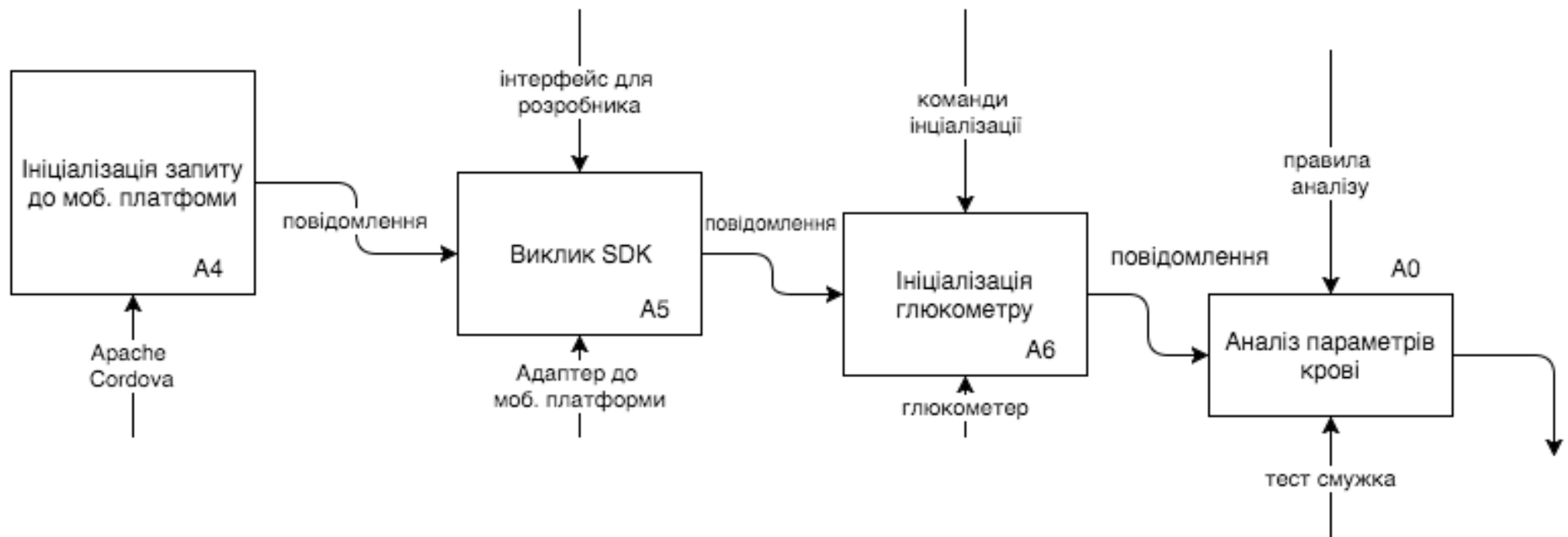


Рисунок 3.3 - Діаграма потоків даних і процесів при ініціалізації зчитування даних з глюкометра

*Примітка.* Зазвичай фірми-розробники мають спеціальні SDK під мобільні платформи для роботи з глюкометрами.

Показником успіху роботи є готова система, яка:

- вирішує основні задачі, які ставляться до подібних платформ (отримання даних, збереження і т.д.);
- розроблена з урахування кращих практик і специфічних архітектурних рішень, які дають можливість забезпечити масштабованість системи;

### **3.4. Реалізація**

Головний екран містить графік вимірювань, список з історією вимірювань, та кнопку для додавання нового запису. Кожний запис історії містить окремий блок, де вказано дату та результат вимірювання. Графік відображає результати тестів за останній тиждень.

Екран додавання запису має форму вводу. Форма містить поле для вводу результату вимірювання та поле для вводу коментаря про вимір та кнопку для збереження. Час та дата вимірювання додаються до запису автоматично.

Якщо користувач підключить глюкометр до смартфона, то відкриється вікно для роботи з ним. Воно містить інтерактивну інструкцію. Вона покроково розповідає як зробити вимір, та реагує на сигнали від глюкометру. Завдяки цьому користувач може просто розпочати роботу з програмою.

В результаті додаток виконує функції щоденника рівня глюкози в крові. Він зберігає інформацію про вимірювання та будує інтерактивні графіки за проміжки часу.

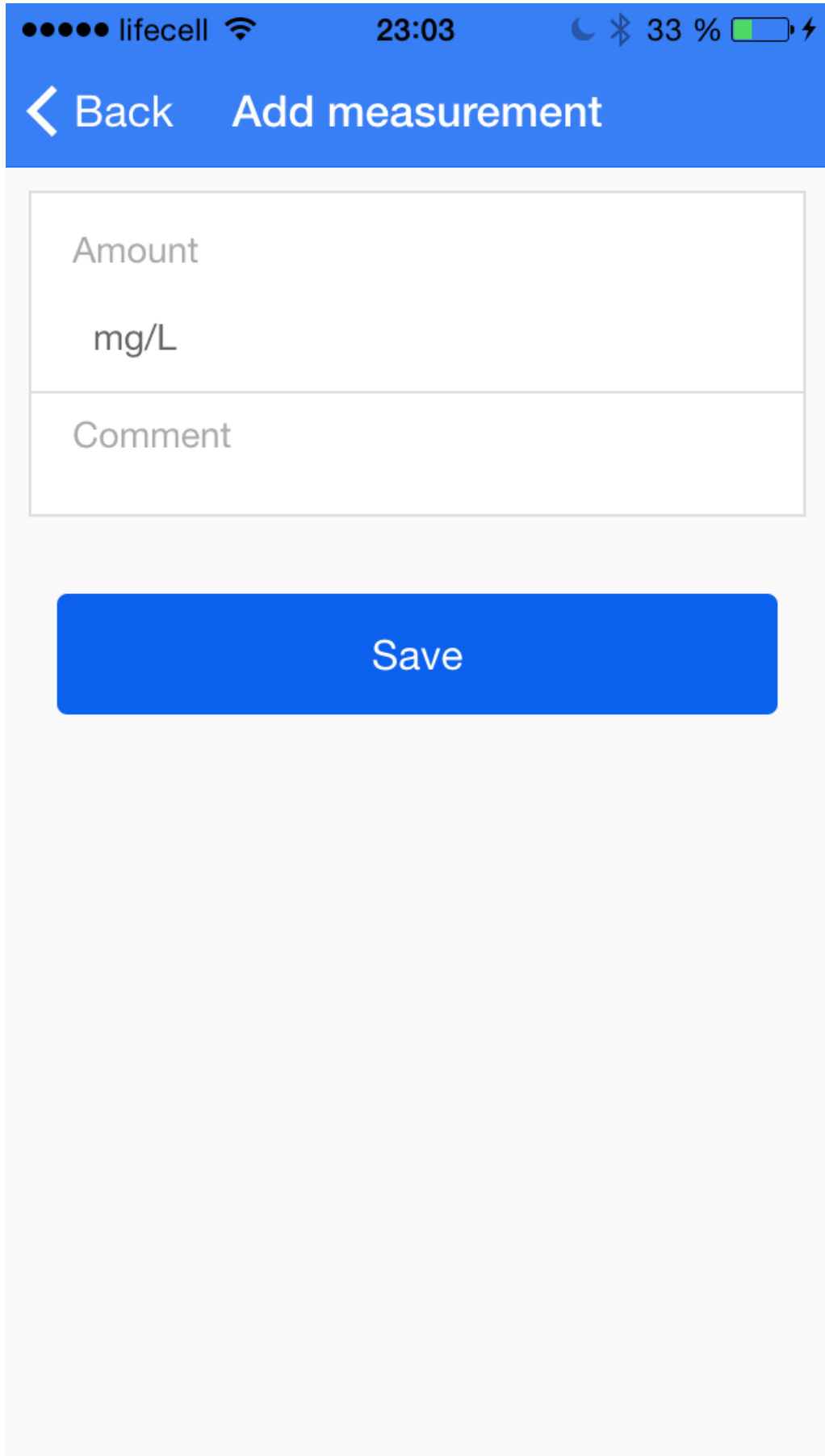


Рисунок 3.4 - Экран додавання запису



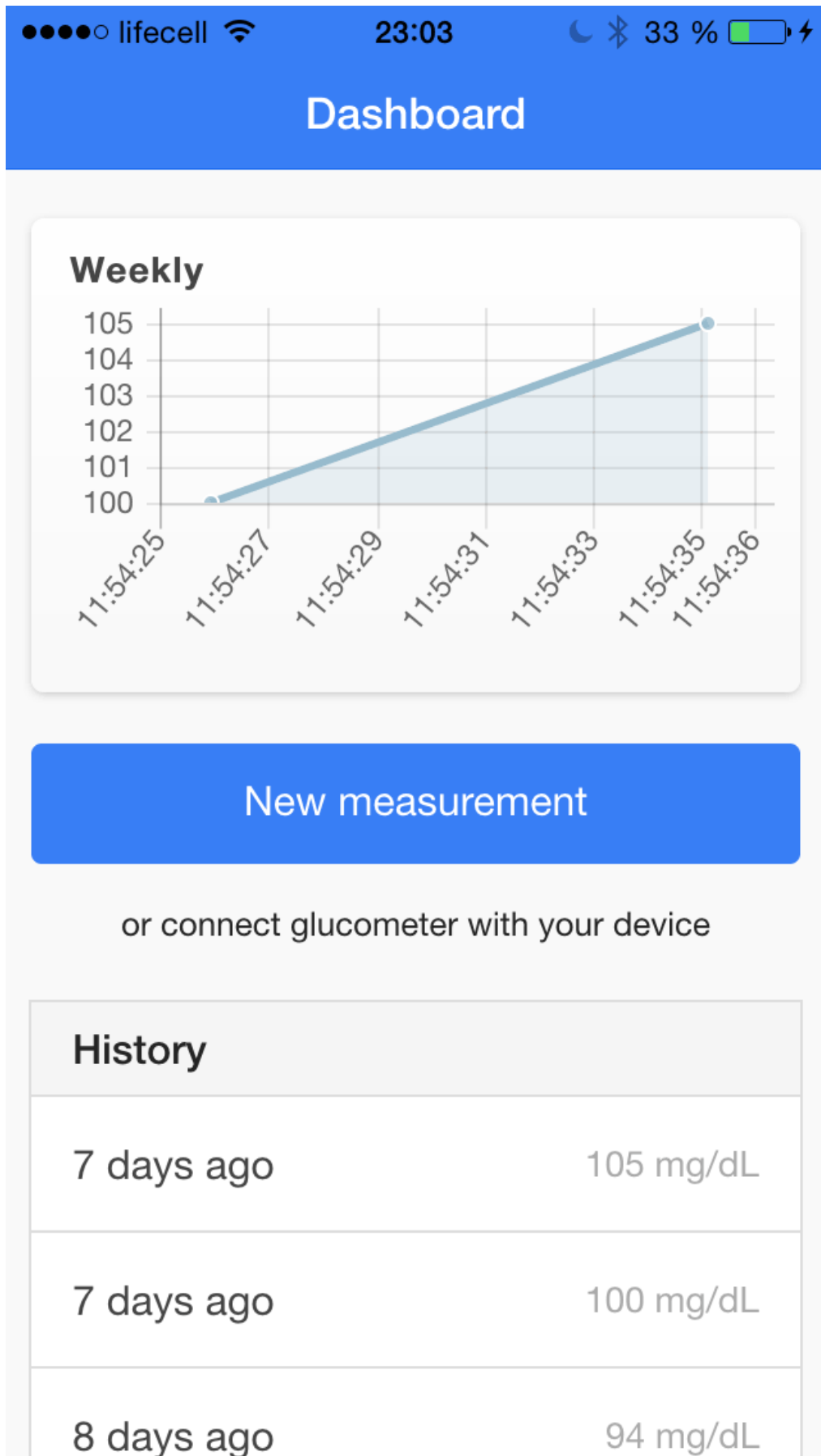


Рисунок 3.5 - Головный экран додатка

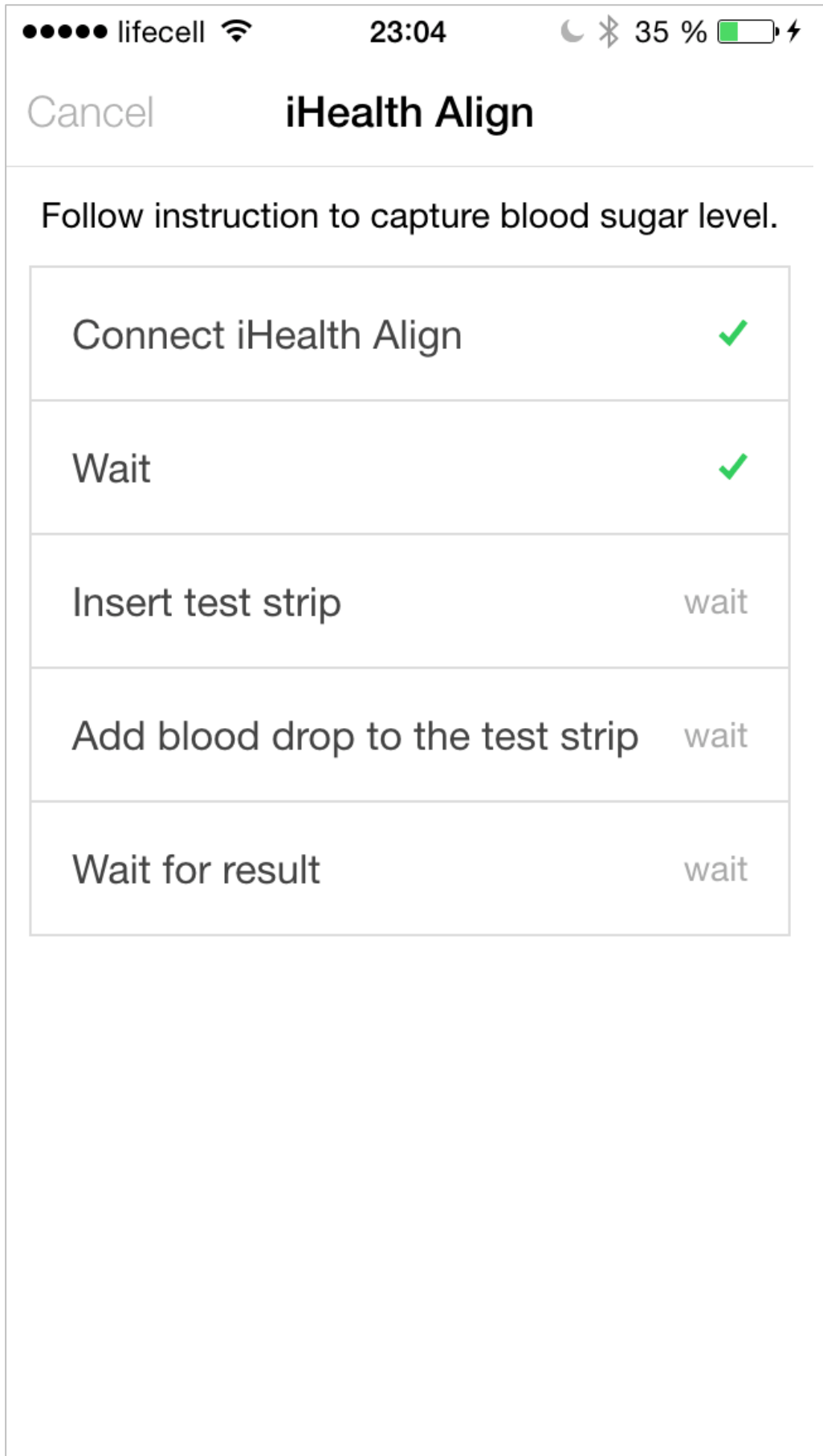


Рисунок 3.6 - Вікно по роботі з глюкометром

### **3.5. Висновки до розділу 3**

В даному розділі було розглянуто розроблений прототип мобільного додатку для хворих на цукровий діабет. Завдяки використанню гібридних технологій при розробці програмного продукту мобільних додаток може бути запущений на декількох платформах, таких як Apple iOS , Google Android та інших.

В ході виконання роботи було розроблено архітектуру мобільного додатку та діаграми потоків даних.

Для інтеграції з мобільних глюкометром iHealth Align BG1 було розроблено плагін для мобільного фреймворку Apache Cordova. Завдяки цьому плагіну гібридний мобільних додаток можна інтегрувати з вбудованими інтерфейсами платформи Apple iOS та отримати дані з глюкометру.

## **4. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ**

У даному розділі проводиться оцінка основних характеристик програмного продукту для хворих цукровим діабетом, призначеного для ведення щоденника для запису показників рівня цукру в крові. Інтерфейс користувача був розроблений за допомогою мови програмування JavaScript у середовищі розробки WebStorm 2016. Інтерфейс користувача створений за допомогою технології Ionic Framework та Angular Js.

Програмний продукт призначено для використання на телефонах операційних систем IOS та Android.

Нижче наведено аналіз різних варіантів реалізації модулю з метою вибору оптимальної, з огляду при цьому як на економічні фактори, так і на характеристики продукту, що впливають на продуктивність роботи і на його сумісність з апаратним забезпеченням. Для цього було використано апарат функціонально-вартісного аналізу.

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) – це технологія, яка дозволяє оцінити реальну вартість продукту або послуги незалежно від організаційної структури компанії. Як прямі, так і побічні витрати розподіляються по продуктам та послугам у залежності від потрібних на кожному етапі виробництва обсягів ресурсів. Виконані на цих етапах дії у контексті метода ФВА називаються функціями.

Мета ФВА полягає у забезпеченні правильного розподілу ресурсів, виділених на виробництво продукції або надання послуг, на прямі та непрямі витрати. У даному випадку – аналізу функцій програмного продукту й виявлення усіх витрат на реалізацію цих функцій.

Фактично цей метод працює за таким алгоритмом:

- визначається послідовність функцій, необхідних для виробництва продукту. Спочатку – всі можливі, потім вони розподіляються по двом групам: ті, що впливають на вартість продукту і ті, що не впливають. На цьому ж етапі оптимізується сама послідовність скороченням кроків, що не впливають на цінність і відповідно витрат.
- для кожної функції визначаються повні річні витрати й кількість робочих часів.
- для кожної функції на основі оцінок попереднього пункту визначається кількісна характеристика джерел витрат.
- після того, як для кожної функції будуть визначені їх джерела витрат, проводиться кінцевий розрахунок витрат на виробництво продукту.

#### **4.1. Постановка задачі**

У роботі застосовується метод ФВА для проведення техніко-економічний аналізу розробки.

Відповідно цьому варто обирати і систему показників якості програмного продукту.

Технічні вимоги до продукту наступні:

- програмний продукт повинен функціонувати на мобільних телефонах Andoid V4.0+ и IOS v7.0+;
- забезпечувати високу швидкість обробки великих об'ємів даних у реальному часі;
- забезпечувати зручність і простоту взаємодії з користувачем або з розробником програмного забезпечення у випадку використання його як модуля;

- передбачати мінімальні витрати на впровадження програмного продукту.

#### 4.1.1. Обґрунтування функцій програмного продукту

Головна функція  $F_0$  – розробка програмного продукту, який аналізує процес за вхідними даними та будує його модель для подальшого прогнозування. Виходячи з конкретної мети, можна виділити наступні основні функції ПП:

$F_1$  – вибір мови програмування;

$F_2$  – вибір IDE ;

$F_3$  – інтерфейс користувача.

Кожна з основних функцій може мати декілька варіантів реалізації.

Функція  $F_1$ :

- а) мова програмування JavaScript;
- б) мова програмування C#;

Функція  $F_2$ :

- а) WebStorm;
- б) Sublime Text 3.

Функція  $F_3$ :

- а) інтерфейс користувача, створений за технологією Ionic Framework;
- б) інтерфейс користувача, створений за технологією Bootstrap.

#### 4.1.2. Варіанти реалізації основних функцій

Варіанти реалізації основних функцій наведені у морфологічній карті системи (рис. 4.1). На основі цієї карти побудовано позитивно-негативну матрицю варіантів основних функцій (таблиця 4.1).

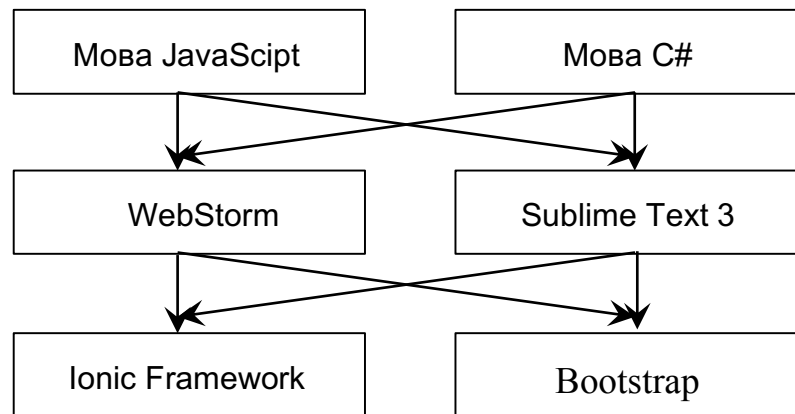


Рисунок 4.1 - Морфологічна карта

Морфологічна карта відображує всі можливі комбінації варіантів реалізації функцій, які складають повну множину варіантів ПП.

Таблиця 4.1 – Позитивно-негативна матриця

| Основні функції | Варіанти реалізації | Переваги             | Недоліки  |
|-----------------|---------------------|----------------------|---|
| <i>F1</i>       | <i>A</i>            | Кросплатформений     | немає   |
|                 | <i>B</i>            | Надійна              | Не кросплатформений   |
| <i>F2</i>       | <i>A</i>            | Ліцензія на програму | Більш висока вартість корпоративної ліцензії.<br>Необхідність додаткової інсталяції |

Таблиця 4.1 – Позитивно-негативна матриця (продовження)

| Основні функції | Варіанти реалізації | Переваги                                     | Недоліки  |
|-----------------|---------------------|--|---|
|                 | Б                   | Більш дешева вартість корпоративної ліцензії | Необхідність додаткової інсталяції, низький рівень користувацької підтримки |
| <i>F3</i>       | <i>A</i>            | Простота створення.                          | Кросплатформеність  |
|                 | <i>B</i>            | Простота створення.                          | Відсутність кросплатформеності.   |

На основі аналізу позитивно-негативної матриці робимо висновок, що при розробці програмного продукту деякі варіанти реалізації функцій варто відкинути, тому, що вони не відповідають поставленим перед програмним продуктом задачам. Ці варіанти відзначені у морфологічній карті.

#### Функція *F1*:

Оскільки має бути виконана програма з кросплатформенним інтерфесом, тому варіант б) має бути відкинтий.

#### Функція *F2*:

Вибрата IDE має бути надійною у використанні, тому обрано більш дорогу систему.

#### Функція *F3*:



Не важливо тому обираємо обидва варіанти.

Таким чином, будемо розглядати такі варіанти реалізації ПП:

1. F1a – F2a – F3a

2. F1a – F2a – F3б

Для оцінювання якості розглянутих функцій обрана система параметрів, описана нижче.

## **4.2. Обґрунтування системи параметрів ПП**

### **4.2.1. Опис параметрів**

На підставі даних про основні функції, що повинен реалізувати програмний продукт, вимог до нього, визначаються основні параметри виробу, що будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня.

Для того, щоб охарактеризувати програмний продукт, будемо використовувати наступні параметри:

- $X1$  – швидкодія мови програмування;
- $X2$  – об'єм пам'яті для збереження даних;
- $X3$  – час обробки даних;
- $X4$  – потенційний об'єм програмного коду.
- $X5$  - Ємність оперативної пам'яті

$X1$ : Відображає швидкодію операцій залежно від обраної мови програмування.

$X2$ : Відображає об'єм пам'яті в оперативній пам'яті персонального комп'ютера, необхідний для збереження та обробки даних під час виконання програми.

$X3$ : Відображає час, який витрачається на дії.

X4: Показує розмір програмного коду який необхідно створити безпосередньо розробнику.

X5 : Ємність оперативної пам'яті, необхідної для роботи програми

#### 4.2.2. Кількісна оцінка параметрів

Гірші, середні і кращі значення параметрів вибираються на основі вимог замовника й умов, що характеризують експлуатацію ПП як показано у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні параметри ПП

| Назва<br>Параметра  | Умовні<br>позначення | Одиниці<br>виміру       | Значення параметра |         |        |
|---|----------------------|-------------------------|--------------------|---------|--------|
|   |                      |                         | гірші              | середні | кращі  |
| Швидкодія мови програмування                                | X1                   | Оп/мс                   | 2 000              | 11 000  | 19 000 |
| Час відгуку фрейворку                                       | X2                   | мс                      | 2000               | 1000    | 500    |
| Час обробки запитів користувача                             | X3                   | мс                      | 1000               | 420     | 60     |
| Потенційний об'єм програмного коду                          | X4                   | кількість<br>строк коду | 2000               | 1500    | 1000   |
| Ємність оперативної пам'яті, необхідної для роботи програми | X5                   | Мб                      | 512                | 1024    | 2048   |

За даними таблиці 4.2 будуються графічні характеристики параметрів –  
рис. 4.2 – рис. 4.5.

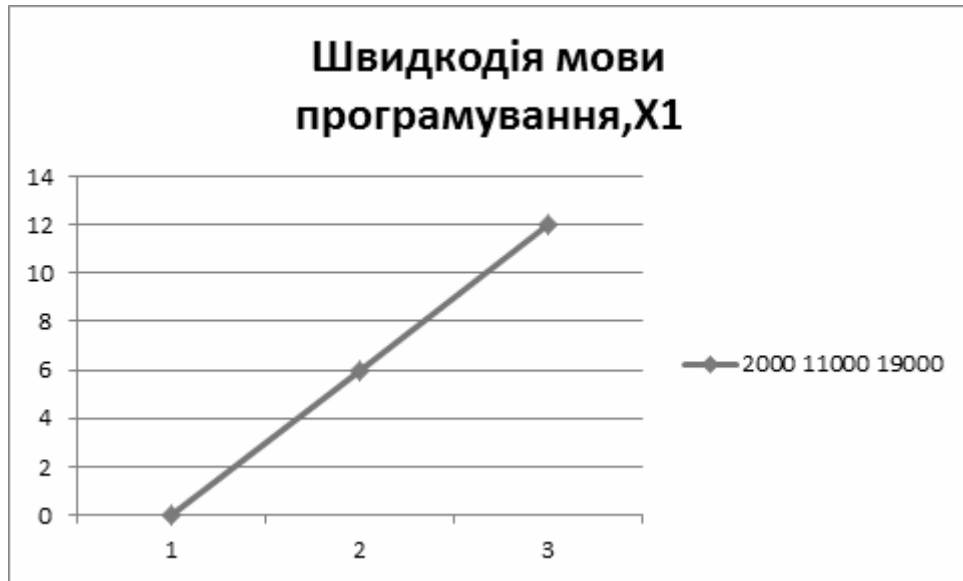


Рисунок 4.2 – X1, швидкодія мови програмування

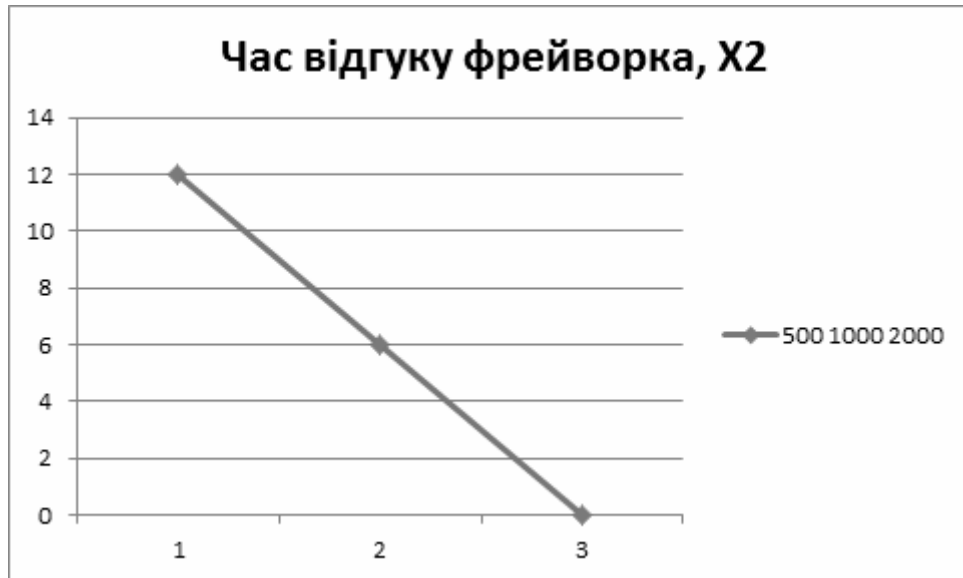


Рисунок 4.3 – X2, Час відгуку фрейворку

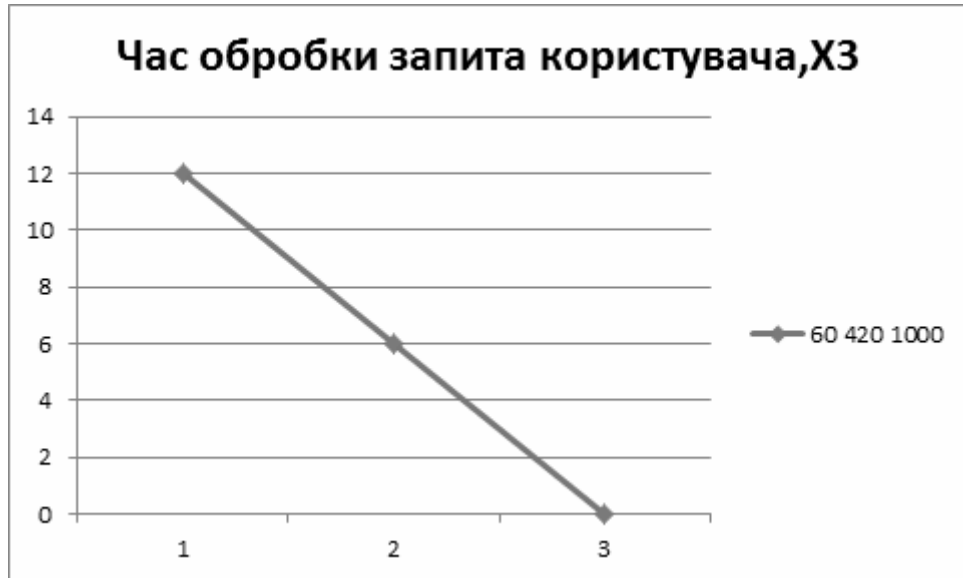


Рисунок 4.4 – X3, час виконання запитів користувача

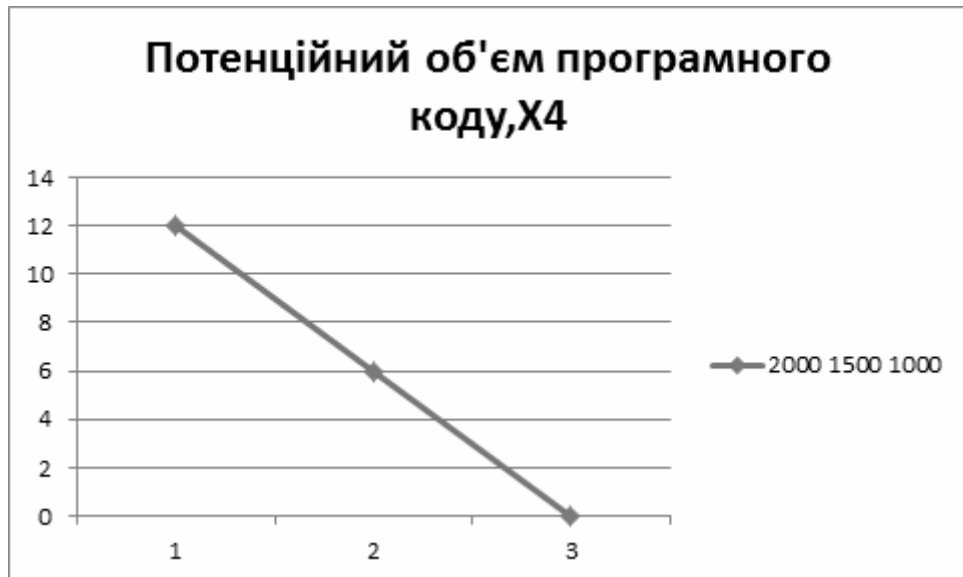


Рисунок 4.5 – X4, потенційний об'єм програмного коду

#### 4.2.3. Аналіз експертного оцінювання параметрів

Після детального обговорення й аналізу кожний експерт оцінює ступінь важливості кожного параметру для конкретно поставленої цілі – розробка програмного продукту, який дає найбільш точні результати при знаходженні параметрів моделей адаптивного прогнозування і обчислення прогнозних значень.

Значимість кожного параметра визначається методом попарного порівняння. Оцінку проводить експертна комісія із 7 людей. Визначення коефіцієнтів значимості передбачає:

- визначення рівня значимості параметра шляхом присвоєння різних рангів;
- перевірку придатності експертних оцінок для подальшого використання;
- визначення оцінки попарного пріоритету параметрів;
- обробку результатів та визначення коефіцієнту значимості.

Результати експертного ранжування наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати ранжування параметрів

| Позначення | Назва параметра              | СІ                   | Ранг параметра за оцінкою експерта |    |    |    |    |    |    | Сума рангів | Відхилення $\Delta i2$ |     |
|------------|------------------------------|----------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-------------|------------------------|-----|
|            |                              |                      | 1                                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |             |                        |     |
| X1         | Швидкість мови програмування | Оп/мс                | 3                                  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 24          | 3                      | 9   |
| X2         | Час відгуку фрейворку        | мс                   | 3                                  | 2  | 2  | 2  | 3  | 2  | 3  | 17          | -4                     | 16  |
| X3         | Час обробки запитів          | мс                   | 1                                  | 2  | 1  | 2  | 1  | 2  | 2  | 11          | -10                    | 100 |
| X4         | Об'єм програмного коду       | кількість строк коду | 5                                  | 6  | 6  | 4  | 5  | 6  | 4  | 36          | 15                     | 225 |
| X5         | Ємність оперативної пам'яті  | МБ                   | 3                                  | 2  | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 17          | -4                     | 16  |
|            | Разом                        |                      | 15                                 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 105         | 0                      | 366 |

Для перевірки степені достовірності експертних оцінок, визначимо наступні параметри:

а) сума рангів кожного з параметрів і загальна сума рангів:

$$R_i = \sum_{j=1}^N r_{ij} R_{ij} = 105 ,$$

де  $N$  – число експертів,  $n$  – кількість параметрів;

б) середня сума рангів:

$$T = \frac{1}{n} R_{ij} = 21$$

в) відхилення суми рангів кожного параметра від середньої суми рангів:

$$\Delta_i = R_i - T$$

Сума відхилень по всім параметрам повинна дорівнювати 0;

г) загальна сума квадратів відхилення:

$$S = \sum_{i=1}^N \Delta_i^2 = 366.$$

Порахуємо коефіцієнт узгодженості:

$$W = \frac{12S}{N^2(n^3 - n)} = \frac{12 * 420.75}{7^2(5^3 - 5)} = 0.74 > W_k = 0.67$$

Ранжування можна вважати достовірним, тому що знайдений коефіцієнт узгодженості перевищує нормативний, котрий дорівнює 0,67.

Скориставшись результатами ранжирування, проведемо попарне порівняння всіх параметрів і результати занесемо у таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Попарне порівняння параметрів

| Params | Ранг параметра за оцінкою експерта |    |    |    |   |    |    | РЕЗУЛЬТАТ | VALUE |
|--------|------------------------------------|----|----|----|---|----|----|-----------|-------|
|        | 1                                  | 2  | 3  | 4  | 5 | 6  | 7  |           |       |
| X1 X2  | <>                                 | >  | >  | >  | > | >  | >  | >         | 1,5   |
| X1 X3  | >                                  | >  | >  | >  | > | >  | >  | >         | 1,5   |
| X1 X4  | <                                  | <  | <  | <  | < | <  | <> | <         | 0,5   |
| X1 X5  | <>                                 | >  | >  | <  | > | >  | >  | >         | 1,5   |
| X2 X3  | >                                  | <> | >  | <  | > | <> | >  | >         | 1,5   |
| X2 X4  | >                                  | <  | <  | <> | < | <  | <  | <         | 0,5   |
| X2 X5  | <>                                 | <> | <> | <  | < | <> | >  | <>        | 1     |
| X3 X4  | <                                  | <  | <  | <  | < | <  | <  | <         | 0,5   |
| X3 X5  | <                                  | <  | <  | <  | < | <> | <> | <         | 0,5   |
| X4 X5  | >                                  | >  | >  | <> | > | >  | >  | >         | 1,5   |

Числове значення, що визначає ступінь переваги  $i$ -го параметра над  $j$ -тим,  $a_{ij}$  визначається по формулі:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1.5, & \text{при } X_i > X_j \\ 1.0, & \text{при } X_i = X_j \\ 0.5, & \text{при } X_i < X_j \end{cases}$$

З отриманих числових оцінок переваги складемо матрицю  $A = \| a_{ij} \|$ .

Для кожного параметра зробимо розрахунок вагомості  $K_{\delta i}$  за наступними формулами:

$$K_{bi} = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^N a_{ij}}, \text{ де } b_i = \sum_{i=1}^N a_{ij}$$

Відносні оцінки розраховуються декілька разів доти, поки наступні значення не будуть незначно відрізнятися від попередніх (менше 2%). На другому і наступних кроках відносні оцінки розраховуються за наступними формулами:

$$K_{bi} = \frac{b'_i}{\sum_{i=1}^N b'_{ij}}, \text{ де } b'_i = \sum_{i=1}^N a_{ij} b_j$$

Як видно з таблиці 4.5, різниця значень коефіцієнтів вагомості не перевищує 1%, тому більшої кількості ітерацій не потрібно.

Таблиця 4.5 – Розрахунок вагомості параметрів

| Параметри $x_i$ | Параметри $x_j$ |     |     |     |     | Перша ітер.    |                 | Друга ітер.     |                  |
|-----------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                 | X1              | X2  | X3  | X4  | x5  | b <sub>i</sub> | K <sub>bi</sub> | b <sub>i1</sub> | K <sub>bi1</sub> |
| X1              | 1               | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 6              | 0,24            | 27,5            | 0,2380952381     |
| X2              | 0,5             | 1   | 1,5 | 0,5 | 1   | 4,5            | 0,18            | 20              | 0,1731601732     |
| X3              | 0,5             | 0,5 | 1   | 0,5 | 0,5 | 3              | 0,12            | 14              | 0,1212121212     |
| X4              | 1,5             | 1,5 | 1,5 | 1   | 1,5 | 7              | 0,28            | 34              | 0,2943722944     |
| x5              | 0,5             | 1   | 1,5 | 0,5 | 1   | 4,5            | 0,18            | 20              | 0,1731601732     |
| Всього:         |                 |     |     |     |     | 25             | 1               | 115,5           | 1                |

### 4.3. Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій

Визначаємо рівень якості кожного варіанту виконання основних функцій окремо.

Абсолютні значення параметрів X3, X5 відповідає технічним вимогам умов функціонування даного ПП.

Абсолютне значення параметра X1, X2, X3, X4

Коефіцієнт технічного рівня для кожного варіанта реалізації ПП розраховується так (таблиця 4.6):

$$K_K(j) = \sum_{i=1}^n K_{bij} B_{ij},$$

де n – кількість параметрів;  $K_{bi}$  – коефіцієнт вагомості i-го параметра;  $B_i$  – оцінка i-го параметра в балах.

Таблиця 4.6 – Розрахунок показників рівня якості варіантів реалізації основних функцій ПП

| Основні функції | Варіант реалізації функції | Абсолютне значення параметра | Бальна оцінка параметра | Коефіцієнт вагомості параметра | Коефіцієнт рівня якості |
|-----------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| F1(X1)          | A                          | 19 000                       | 6                       | 0.23                           | 1,38                    |
| F2(X5)          | A                          | 2048                         | 4                       | 0.17                           | 0,68                    |
| F3(X2,X4)       | A                          | 50                           | 7                       | 0.17                           | 1,19                    |
|                 | Б                          | 1000                         | 4.5                     | 0.29                           | 1,305                   |



За даними з таблиці 4.6 за формулою

$$K_K = K_{TY}[F_{1k}] + K_{TY}[F_{2k}] + \dots + K_{TY}[K_{zk}],$$

визначаємо рівень якості кожного з варіантів:

$$K_{K1} = F1a + F2a + F3a = 3.63$$

$$K_{K2} = F1a + F2a + F3b = 4.51$$

Як видно з розрахунків, кращим є другий варіант, для якого коефіцієнт технічного рівня має найбільше значення.

#### **4.4. Економічний аналіз варіантів розробки ПП**

Для визначення вартості розробки ПП спочатку проведемо розрахунок трудомісткості.

Всі варіанти включають в себе два окремих завдання:

1. Розробка проекту програмного продукту;
2. Розробка програмної оболонки;

Завдання 1 за ступенем новизни відноситься до групи А, завдання 2 – до групи Б. За складністю алгоритми, які використовуються в завданні 1 належать до групи 1; а в завданні 2 – до групи 3.

Для реалізації завдання 1 використовується довідкова інформація, а завдання 2 використовує інформацію у вигляді даних.

Проведемо розрахунок норм часу на розробку та програмування для кожного з завдань.

Проведемо розрахунок норм часу на розробку та програмування для кожного з завдань. Загальна трудомісткість обчислюється як

$$T_0 = T_P \cdot K_{\Pi} \cdot K_{СК} \cdot K_M \cdot K_{СТ} \cdot K_{СТ.М}, \quad (5.1)$$

де  $T_P$  – трудомісткість розробки ПП;  $K_{\Pi}$  – поправочний коефіцієнт;  $K_{СК}$  – коефіцієнт на складність вхідної інформації;  $K_M$  – коефіцієнт рівня мови програмування;  $K_{СТ}$  – коефіцієнт використання стандартних модулів і прикладних програм;  $K_{СТ.М}$  – коефіцієнт стандартного математичного забезпечення

Для першого завдання, виходячи із норм часу для завдань розрахункового характеру степеню новизни А та групи складності алгоритму 1, трудомісткість дорівнює:  $T_P = 90$  людино-днів. Поправочний коефіцієнт, який враховує вид нормативно-довідкової інформації для першого завдання:  $K_{\Pi} = 1.7$ . Поправочний коефіцієнт, який враховує складність контролю вхідної та вихідної інформації для всіх семи завдань рівний 1:  $K_{СК} = 1$ . Оскільки при розробці першого завдання використовуються стандартні модулі, врахуємо це за допомогою коефіцієнта  $K_{СТ} = 0.8$ . Тоді, за формулою 5.1, загальна трудомісткість програмування першого завдання дорівнює:

$$T_1 = 90 \cdot 1.7 \cdot 0.8 = 122.4 \text{ людино-днів.}$$

Проведемо аналогічні розрахунки для подальших завдань.

Для другого завдання (використовується алгоритм третьої групи складності, степінь новизни Б), тобто  $T_P = 27$  людино-днів,  $K_{\Pi} = 0.9$ ,  $K_{СК} = 1$ ,  $K_{СТ} = 0.8$ :

$$T_2 = 27 \cdot 0.9 \cdot 0.8 = 19.44 \text{ людино-днів.}$$

Складаємо трудомісткість відповідних завдань для кожного з обраних варіантів реалізації програми, щоб отримати їх трудомісткість:

$$T_I = (122.4 + 19.44 + 4.8 + 19.44) \cdot 8 = 1328,64 \text{ людино-годин;}$$

$$T_{II} = (122.4 + 19.44 + 6.91 + 19.44) \cdot 8 = 1345.52 \text{ людино-годин;}$$

Найбільш високу трудомісткість має варіант II.

В розробці беруть участь два програмісти з окладом 25 000 грн., один фінансовий аналітик з окладом 16 000 грн. Визначимо зарплату за годину за формулою:

$$CЧ = \frac{M}{T_m \cdot t} \text{ грн.},$$

де  $M$  – місячний оклад працівників;

$T_m$  – кількість робочих днів тиждень;

$t$  – кількість робочих годин в день.

$$CЧ = \frac{25\,000 + 25\,000 + 16\,000}{3 \cdot 21 \cdot 8} = 130 \text{ грн.}$$

Тоді, розрахуємо заробітну плату за формулою

$$CЗП = C_q \cdot T_i \cdot КД,$$

де  $C_q$  – величина погодинної оплати праці програміста;  $T_i$  – трудомісткість відповідного завдання;  $КД$  – норматив, який враховує додаткову заробітну плату.

Зарплата розробників за варіантами становить:

$$I. \quad C_{ЗП} = 130 * 1\,328,64 * 1,2 = 207267,84 \text{ грн.}$$

$$II. \quad C_{ЗП} = 130 * 1\,345,52 * 1,2 = 209901,12 \text{ грн.}$$

Відрахування на єдиний соціальний внесок становить 22%:

$$I. \quad C_{ВІД} = C_{ЗП} \cdot 0,22 = 207267,84 * 0,22 = 45598,92 \text{ грн.}$$

$$II. \quad C_{ВІД} = C_{ЗП} \cdot 0,22 = 209901,12 * 0,22 = 46178,24 \text{ грн.}$$

Тепер визначимо витрати на оплату однієї машино-години. ( $C_M$ )

Так як одна ЕОМ обслуговує одного програміста з окладом 25 000 грн., з коефіцієнтом зайнятості 0,2 то для однієї машини отримаємо:

$$C_{\Gamma} = 12 \cdot M \cdot K_3 = 12 * 25\,000 * 0,2 = 60\,000 \text{ грн.}$$

З урахуванням додаткової заробітної плати:

$$C_{3П} = C_{\Gamma} \cdot (1 + K_3) = 60\,000 * (1 + 0.2) = 72\,000 \text{ грн.}$$

Відрахування на єдиний соціальний внесок:

$$C_{ВІД} = C_{3П} \cdot 0,22 = 72\,000 * 0.22 = 15\,840 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуємо при амортизації 25% та вартості ЕОМ – 50 000 грн.

$$C_A = K_{TM} \cdot K_A \cdot Ц_{ПР} = 1.15 \cdot 0.25 \cdot 50\,000 = 14\,375 \text{ грн.,}$$

де  $K_{TM}$  – коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування та монтаж приладу у користувача;  $K_A$  – річна норма амортизації;  $Ц_{ПР}$  – договірна ціна приладу.

Витрати на ремонт та профілактику розраховуємо як:

$$C_P = K_{TM} \cdot Ц_{ПР} \cdot K_P = 1.15 \cdot 50\,000 \cdot 0.05 = 2\,875 \text{ грн.,}$$

де  $K_P$  – відсоток витрат на поточні ремонти.

Тоді, річні експлуатаційні витрати будуть:

$$C_{EКС} = C_{3П} + C_{ВІД} + C_A + C_P + C_{ЕЛ} + C_H$$

Ефективний годинний фонд часу ПК за рік розраховуємо за формулою:

$T_{\text{ЕФ}} = (D_{\text{К}} - D_{\text{В}} - D_{\text{С}} - D_{\text{Р}}) \cdot t_3 \cdot K_{\text{В}} = (365 - 104 - 8 - 16) \cdot 8 \cdot 0.9 = 1706.4$   
ГОДИН,

де  $D_{\text{К}}$  – календарна кількість днів у році;

$D_{\text{В}}, D_{\text{С}}$  – відповідно кількість вихідних та святкових днів;

$D_{\text{Р}}$  – кількість днів планових ремонтів устаткування;

$t$  – кількість робочих годин в день;

$K_{\text{В}}$  – коефіцієнт використання приладу у часі протягом зміни.

Витрати на оплату електроенергії розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{ЕЛ}} = T_{\text{ЕФ}} \cdot N_{\text{С}} \cdot K_3 \cdot C_{\text{ЕН}} = 1706,4 \cdot 0,156 \cdot 0,2 \cdot 1,506 = 80.17 \text{ грн.},$$

де  $N_{\text{С}}$  – середньо-споживча потужність приладу;

$K_3$  – коефіцієнтом зайнятості приладу;

$C_{\text{ЕН}}$  – тариф за 1 КВт-годин електроенергії.

Накладні витрати розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{Н}} = C_{\text{ПР}} \cdot 0.67 = 50\,000 \cdot 0,67 = 33\,500 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{ЕКС}} = 72000 + 15840 + 14\,375 + 2\,875 + 80.17 + 33\,500 = 139113.71 \text{ грн}$$

Собівартість однієї машино-години ЕОМ дорівнюватиме:

$$C_{\text{М-Г}} = C_{\text{ЕКС}} / T_{\text{ЕФ}} = 139113.71 / 1706,4 = 81,52 \text{ грн/час.}$$

Оскільки в даному випадку всі роботи, які пов'язані з розробкою програмного продукту ведуться на ЕОМ, витрати на оплату машинного часу, в залежності від обраного варіанта реалізації, складає:

$$C_{\text{М}} = C_{\text{М-Г}} \cdot T$$

$$I. \quad C_M = 81,5 * 1328,64 = 108284,16 \text{ грн.};$$

$$II. \quad C_M = 81,5 * 1345,52 = 109658,88 \text{ грн.};$$

Накладні витрати складають 67% від заробітної плати:

$$C_H = C_{ЗП} \cdot 0,67$$

$$I. \quad C_H = 207267,84 * 0,67 = 138869,45 \text{ грн.};$$

$$II. \quad C_H = 209901,12 * 0,67 = 140633,7 \text{ грн.};$$

Отже, вартість розробки ПП за варіантами становить:

$$C_{ПП} = C_{ЗП} + C_{ВЦД} + C_M + C_H$$

$$I. \quad C_{ПП} = 207267,84 + 45598,92 + 108284,16 + 138869,45 = 500020,37 \text{ грн}$$

$$II. \quad C_{ПП} = 209901,12 + 46178,24 + 109658,88 + 140633,7 = 506371,94 \text{ грн.};$$

#### **4.5. Вибір кращого варіанта ПП техніко-економічного рівня**

*Розрахуємо коефіцієнт техніко-економічного рівня за формулою:*

$$K_{TEPj} = K_{Кf} / C_{Фj},$$

$$K_{TEP1} = 3.63 / 500020.37 = 0,0000072597;$$

$$K_{TEP2} = 4.51 / 506371.94 = 0.00000890549;$$

*Як бачимо, найбільш ефективним є перший варіант реалізації програми з коефіцієнтом техніко-економічного рівня  $K_{TEP1} = 0,89 \cdot 10^{-5}$ .*

## 4.6. Висновки до розділу 4

В даному розділі проведено повний функціонально-вартісний аналіз ПП, який було розроблено в рамках дипломного проекту. Процес аналізу можна умовно розділити на дві частини.

В першій з них проведено дослідження ПП з технічної точки зору: було визначено основні функції ПП та сформовано множину варіантів їх реалізації; на основі обчислених значень параметрів, а також експертних оцінок їх важливості було обчислено коефіцієнт технічного рівня, який і дав змогу визначити оптимальну з технічної точки зору альтернативу реалізації функцій ПП.

Другу частину ФВА присвячено вибору із альтернативних варіантів реалізації найбільш економічно обгрунтованого.

Після виконання функціонально-вартісного аналізу програмного комплексу що розроблюється, можна зробити висновок, що з альтернатив, що залишились після першого відбору двох варіантів виконання програмного комплексу оптимальним є перший варіант реалізації програмного продукту. У нього виявився найкращий показник техніко-економічного рівня якості  $K_{TEP} = 0,89 \cdot 10^{-5}$ .

Цей варіант реалізації програмного продукту має такі параметри:

- мова програмування –JavaScript;
- WebStorm IDE;
- інтерфейс користувача Ionic Framework

Даний варіант виконання програмного комплексу дає користувачу зручний інтерфейс, кросплатформний мобільний додаток та вивідкодію роботи додатку.

## ВИСНОВКИ

Результатом даної дипломної розробки є розробка мобільного додатка для хворих на цукровий діабет. Продуктом даної розробки є програмний код мобільного додатку та програмний код плагіну для інтеграції з мобільних глюкометром.

Було проведено аналіз існуючих мобільних додатків для хворих на цукрових діабет. В результаті аналізу були сформульовані рекомендації з поліпшення, частина з яких була використана при розробці мобільного додатку.

Було проведено аналіз можливих варіантів реалізації мобільного додатку. В результаті найбільш економічно-вигідною виявилась розробка гібридного веб-додатку на базі Apache Cordova. Для розробки інтерфейсу було використано Ionic Framework.

В ході дипломної роботи були розглянуті існуючі технології аналізу рівня глюкози в організмі людини. Для інтеграції з мобільним додатком було використано мобільний глюкометр iHealth Align BG1 з глюкооксидазним методом аналізу;

У результаті виконання дипломної роботи були отримані такі результати:

- Розроблений мобільний додаток для Apple iOS та Google Android, що виконує функцію електронного щоденника для обліку рівня цукру в крові пацієнтом з цукровим діабетом. Завдяки мобільному додатку пацієнт з цукровим діабетом може легко фіксувати та аналізувати зміну свого стану.
- Розроблено плагін інтеграції з мобільним глюкометром iHealth Align BG1 для Apple iOS. Дані з глюкометру передаються на



мобільний пристрій та зберігаються у мобільному додатку. Завдяки цьому дані автоматично передаються у мобільний додаток без необхідності ручного введення. Оскільки для реалізації мобільного додатку було використано платформу Apache Cordova, то плагін є сумісним з усіма мобільними додатками, що використовують дану платформу.

- Розроблено архітектуру мобільного додатку. На ній відображені компоненти додатку та зв'язки між ними.
- Розроблено діаграму потоків даних і процесів при ініціалізації зчитування даних з глюкометру
- Розроблено діаграму потоків даних і процесів при отриманні даних від глюкометру

В результаті виконання дипломної роботи було розроблено мобільний додаток, що вирішує задачу обліку вимірювань про рівень цукру в крові та їх аналіз. Подальший розвиток можливий у таких напрямках:

- Розробка плагінів інтеграції з мобільним глюкометром під платформу Google Android
- Інтеграція додаткових мобільних глюкометрів
- Розробка хмарної платформи для синхронізації даних між пристроями
- Розробка мобільного додатку для лікаря
- Інтеграція з електронною медичною карткою
- Розробка функціоналу з розпізнавання патернів
- Розробка функціоналу щоденника фізичних навантажень
- Розробка функціоналу щоденника харчування

Основна потенційна галузь застосування – медицина. Використовуючи розробку можливо поліпшити якість надавання медичних послуг та зменшити навантаження на лікарні завдяки дистанційним консультаціям.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Chaffey D. Mobile Marketing Statistics compilation. – Режим доступа: <http://www.smartinsights.com/> – Дата доступа : 12.03.2016.
2. Govette J. 30 Amazing Mobile Health Technology Statistics for Today's Physician. – Режим доступа: <https://getreferralmd.com/>. – Дата доступа: 25.04.2016.
3. Elea C., Kristeen C. Healthline. – Режим доступа: <http://www.healthline.com/> – Дата доступа : 21.02.2016.
4. Cushman W.C. Effects of intensive blood-pressure control in type 2 diabetes mellitus. / Cushman W.C., Evans G.W., Byington R.P., Goff D.C., Grimm R.H. // N Engl J Med, квітень 2010 – С. 1575-1585.
5. Funnell M.M. Standards of care for diabetes: what's new? / Funnell M.M., Brown T.L., Childs B.P. // Nursing. – 2010 – С. 54-56.
6. Chomutare T. Features of Mobile Diabetes Applications: Review of the Literature and Analysis of Current Applications Compared Against Evidence-Based Guidelines / Chomutare T., Fernandez-Luque L., Årsand E., Hartvigsen G. // J Med Internet Res. – 2013 – С. 65.
7. DIABETESNET.COM. Diabetes Software. – Режим доступа: <http://www.diabetesnet.com>. – Дата доступа : 24.03.2016.
8. Wicklund E. ResearchKit - The Perfect Platform for Population Health? – Режим доступа: <http://mhealthintelligence.com/> – Дата доступа : 3.05.2016.
9. Wikipedia. Google Contact Lens. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/> – Дата доступа : 12.05.2016.
10. Quick D. Laser device detects blood glucose levels without the finger-prick. – Режим доступа: <http://www.gizmag.com/> – Дата доступа : 10.04.2016.
11. Quick D. Non-invasive way to monitor blood glucose levels using light. – Режим доступа: <http://www.gizmag.com/> – Дата доступа : 23.03.2016.

12. Wood C. Final piece of the diabetes puzzle opens the door to better screening. – Режим доступа: <http://www.gizmag.com/> – Дата доступа : 12.05.2016.
13. Holloway J. Microsoft developing electronic contact lens to monitor blood sugar. – Режим доступ: <http://www.gizmag.com/>. – Дата доступа : 20.03.2016.
14. Coxworth B. Temporary tattoo could let diabetics monitor glucose levels without jabbing themselves. – Режим доступа: <http://www.gizmag.com/> – Дата доступа : 12.02.2016.
15. Bandodkar A.J. Biocompatible Enzymatic Roller Pens for Direct Writing of Biocatalytic Materials: “Do-it-Yourself” Electrochemical Biosensors / Bandodkar A.J., Jia W., Ramírez J., Wang J. // *Advanced Healthcare Materials*. – 2015 – С. 1215-1224.
16. Wikipedia. Поверхневий плазмон. – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org>. – Дата доступа : 23.04.2016.
17. Wikipedia. Apache Cordova. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/> – Дата доступа : 25.05.2016.
18. Duffey C., Erbs K. 10 Ways Mobile Is Transforming Health Care. – Режим доступа: <http://www.businessinsider.com/>. – Дата доступа : 25.4.2016.
19. The State of the Art of mHealth App Publishing. mHealth App Developer Economics 2014. – Режим доступа: <http://mhealththeconomics.com/>. – Дата доступа : 20.03.2016.
20. Wikipedia. mHealth. – Режим доступа: URL: <https://en.wikipedia.org/> – Дата доступа : 25.05.2016.
21. Bandodkar A.J. mHealth Economics Research Program / Bandodkar A.J. // *Research 2 Guidance*. – 2015. – С. 4-12.
22. mHealth Solutions Market worth 59.15 Billion USD by 2020. – Режим доступа: <http://www.marketsandmarkets.com/> – Дата доступа : 13.02.2016.

- 23.Sandhu J.S. Opportunities in Mobile Health. – Режим доступа:  
<http://ssir.org> – Дата доступа : 24.03.2016.
- 24.Noviosense – Режим доступа: <http://noviosense.com/> – Дата доступа:  
24.04.2015

## ДОДАТОК А

### Реалізація плагіну інтеграції з глюкометром iHealth BG1 для Apple iOS

```

#include <sys/types.h>
#include <sys/sysctl.h>

#import <Cordova/CDV.h>
#import "iHealthBG1.h"
#import "BGHeader.h"

// code str from ihealth ios example app
#define CodeStr
@"024C565F4C5614322D1200A02F3485B6F314378BACD619011F72003608A9"

@implementation iHealthBG1

-(BOOL)sendStatus: (NSString *) status andKeepCallback: (BOOL) keepCallback {
    return [self sendStatus:status withData:nil andKeepCallback:keepCallback];
}

-(BOOL)sendStatus: (NSString *) status withData: (NSDictionary *) dataDic andKeepCallback:
(BOOL) keepCallback {
    if (self.callbackId == nil) return NO;

    NSMutableDictionary *resultDic = [NSMutableDictionary
dictionaryWithDictionary:@{@"status": status}];
    if (dataDic != nil) {
        [resultDic setValue:dataDic forKey:@"data"];
    }
    CDVPluginResult* result = [CDVPluginResult resultWithStatus:CDVCommandStatus_OK
messageAsDictionary:resultDic];
    [result setKeepCallbackAsBool: keepCallback];
    [self.commandDelegate sendPluginResult:result callbackId:self.callbackId];
}

```

```

    return YES;
}

-(void)DeviceConnectForBG1:(NSNotification *)tempNoti {

    NSString *username = [self.commandDelegate.settings objectForKey:@"iHealthUsername"
lowercaseString]];
    NSString *clientId = [self.commandDelegate.settings objectForKey:@"iHealthClientID"
lowercaseString]];
    NSString *clientSecret = [self.commandDelegate.settings
objectForKey:@"iHealthClientSecret" lowercaseString]];

    AudioBG1Communication *bgInstance = [AudioBG1Communication
audioCommunicationObject];
    if (bgInstance != nil) {

        [self sendStatus:@"connect" andKeepCallback:YES];
        NSLog(@"connect bg1");

        [bgInstance commandCreateConnectWithUserID:username clientId:clientId
clientSecret:clientSecret Authentication:^(UserAuthenResult result) {
            BOOL verify = FALSE;
            if(result== UserAuthen_ CombinedSuccess || result== UserAuthen_ LoginSuccess ||
result== UserAuthen_ RegisterSuccess || result== UserAuthen_ TrySuccess){
                verify = TRUE;
                NSLog(@"verify success");
            }
            [self sendStatus:@"verify" withData:@{@"status": [NSNumber
numberWithBool:verify]} andKeepCallback:YES];
        } DisposeDiscoverBGBlock:^(BOOL result) {
            [self sendStatus:@"plugged" withData:@{@"status": [NSNumber
numberWithBool:result]} andKeepCallback:YES];
        } DisposeBGIDPSBlock:^(NSDictionary *idpsDic) {
            [self sendStatus:@"idps" withData:idpsDic andKeepCallback:YES];
        } DisposeConnectBGBlock:^(BOOL result) {

```

```

[self sendStatus:@"ready" withData:@{@"status": [NSNumber
numberWithBool:result]} andKeepCallback:YES];

if(result == FALSE){ return;}

[bgInstance commandCreateBGtestWithCode:CodeStr
DisposeBGSendCodeBlock:^(BOOL sendOk) {
    [self sendStatus:@"sendCodeBlock" withData:@{@"status": [NSNumber
numberWithBool:sendOk]} andKeepCallback:YES];
    // NSLog(@"DisposeBGSendCodeBlock:%d",sendOk);
} DisposeBGStripInBlock:^(BOOL stripIn) {
    [self sendStatus:@"stripIn" withData:@{@"status": [NSNumber
numberWithBool:stripIn]} andKeepCallback:YES];
    // NSLog(@"stripIn:%d",stripIn);
} DisposeBGBloodBlock:^(BOOL blood) {
    [self sendStatus:@"blood" withData:@{@"status": [NSNumber
numberWithBool:blood]} andKeepCallback:YES];
    // NSLog(@"blood:%d",blood);
} DisposeBGResultBlock:^(NSNumber *result) {
    [self sendStatus:@"result" withData:@{@"result": result} andKeepCallback:YES];
    // NSLog(@"result:%@",result);
} DisposeBGStripOutBlock:^(BOOL stripOut) {
    [self sendStatus:@"stripOut" withData:@{@"status": [NSNumber
numberWithBool:stripOut]} andKeepCallback:YES];
    // NSLog(@"stripOut:%d",stripOut);
} DisposeBGErrorBlock:^(NSNumber *errorID) {
    [self sendStatus:@"error" withData:@{@"status": errorID} andKeepCallback:YES];
    // NSLog(@"errorID:%@",errorID);
}];

} DisposeBGErrorBlock:^(NSNumber *errorID) {
    [self sendStatus:@"error" withData:@{@"status": errorID} andKeepCallback:YES];
    // NSLog(@"errorID:%@",errorID);
}];
}
}

```

```

}

-(void)DeviceDisConnectForBG1:(NSNotification *)tempNoti{
    NSLog(@"disconnect bg1");
    [self sendStatus:@"disconnect" andKeepCallback:YES];
}

- (void)subscribe:(CDVInvokedUrlCommand*)command
{
    NSLog(@"subscribe");
    self.callbackId = command.callbackId;

    [[NSNotificationCenter defaultCenter] addObserver:self
    selector:@selector(DeviceConnectForBG1:) name:BG1ConnectNoti object:nil];
    [[NSNotificationCenter defaultCenter] addObserver:self
    selector:@selector(DeviceDisConnectForBG1:) name:BG1DisConnectNoti object:nil];

    [AudioBG1Communication audioCommunicationObject];
}

- (void)unsubscribe: (CDVInvokedUrlCommand*) command
{
    NSLog(@"unsubscribe");
    // callback one last time to clear the callback function on JS side
    [self sendStatus:@"unsubscribe" andKeepCallback:NO];

    self.callbackId = nil;

    [[NSNotificationCenter defaultCenter] removeObserver:self name:BG1ConnectNoti
    object:nil];
    [[NSNotificationCenter defaultCenter] removeObserver:self name:BG1DisConnectNoti
    object:nil];
}

@end

```



## Реалізація Javascript частина плагіну для інтеграції iHealth Align BG1

```
cordova.define("bondalex-ihealth-bg1.ihealth", function(require, exports, module) {
var exec = require('cordova/exec');
cordova = require('cordova');
```

```
var iHealth = function () {
  this.channels = {
    ihealthstatus: cordova.addWindowEventHandler("ihealthstatus")
  };
  for (var key in this.channels) {
    this.channels[key].onHasSubscribersChange = onHasSubscribersChange;
  }
};
```

```
function handlers() {
  return Object.keys(ihealth.channels).reduce(function (sum, cur) {
    return sum + ihealth.channels[cur].numHandlers
  }, 0);
}
```

```
function onHasSubscribersChange () {
  // If we just registered the first handler, make sure native listener is started.
  if (this.numHandlers === 1 && handlers() === 1) {
    exec(ihealth._status, ihealth._error, "iHealthBG1", "subscribe", []);
  } else if (handlers() === 0) {
    exec(null, null, "iHealthBG1", "unsubscribe", []);
  }
}
```

```
iHealth.prototype._status = function (info) {
  console.log('status', JSON.stringify(info));
```

```

if (info) {

    switch (info.status) {
        case 'error': {
            if (!info.data) break;
            if (info.data.status === 100) {
                info.name = 'disconnect';
            }

            break;
        }
    }
    cordova.fireWindowEvent("ihealthstatus", info);
}
};

```

```

iHealth.prototype._error = function (e) {
    console.log("Error initializing iHealth: " + e);
};

```

```

iHealth.prototype.ERROR_CODES = {
    "0": "Battery is low.",
    "1": "Glucose test result is out of the measurement range.",
    "2": "Unknown interference detected, please repeat the test.",
    "3": "Strip is used or unknown moisture detected, discard the test strip and repeat the test with a new strip.",
    "4": "Reading transmission error. Repeat the test with a new test strip. \n If the problem persists, contact iHealth customer service for assistance.",
    "5": "The environmental temperature is beyond normal range, place the meter at room temperature for at least 30 minutes, then repeat the test.",
    "6": "The environmental temperature is beyond normal range, place the meter at room temperature for at least 30 minutes, then repeat the test.",
    "7": "Test strip coding error.",
    "8": "Communication error, press“START” or rescan the code to repeat the test.",
    "9": "Strip removed in the middle of reading, repeat the test with a new strip.",

```

```
"10": "Insert a new test strip and repeat the test.",  
"11": "Cannot write to SN or KEY.",  
"12": "Please set time.",  
"13": "0 test strips remaining.",  
"14": "Test strip expired.",  
"15": "Unplug the charging cable before testing.",  
"100": "BG meter disconnected.",  
"101": "BG meter is in sleeping mode, needs repair.",  
"111": "user verification failed."  
};  
  
var ihealth = new iHealth();  
module.exports = ihealth;  
  
});
```