

ВСТУП

Актуальність теми пов'язана з нездатністю людини сприймати зростаючу кількість інформації, аудіальним способом, у зв'язку з порушеннями слуху.

Останнім часом відзначається стрімке зростання кількості людей з порушеннями слуху. Станом на 2021 рік, в світі відзначається 430 мільйонів людей, які потребують реабілітації для вирішення проблеми втрати слуху. За оцінками, до 2050 року, понад 700 мільйонів чоловік зіткнуться з проблемами які пов'язані з втратою слуху. За оцінками, майже 50% населення у віці від 12 років і до 35 років, піддають себе ризику втрати слуху у зв'язку з тривалим і надмірним впливом гучних звуків, в тому числі звукового ряду сучасних онлайн платформ і ресурсів які пропонують різного роду контент для прослуховування. Об'єктом дослідження є методи діагностики і корекції звукового ряду у людей з порушеннями слуху.

Якісне сприйняття і засвоєння інформація є ключовим аспектом при формуванні та розвитку особистості зростаючої людини. Тому дуже важливо звернути увагу на проблему яка пов'язана з нездатністю людини сприймати зростаючу кількість інформації, аудіальним способом, у зв'язку з порушеннями слуху.

Об'єкт дослідження - процес корекції звукового ряду для людей з порушеннями слуху на основі даних аудіограм.

Предмет дослідження - методи діагностики і корекції порушень слуху.

Мета роботи - виявлення недоліків і слабких місць у поточному процесі корекції звукового ряду.

В процесі дослідження вирішувалися наступні завдання:

- Аналіз предметної області
- Аналіз існуючих апаратних комплексів для діагностики і корекції звукового ряду

- Вивчення існуючих бізнес-процесів діагностики і корекції порушень слуху;
- Опис існуючого бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху
- Аналіз існуючого бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху
- Розробка моделі нового бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху;
- Пропозиції щодо вдосконалення бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху
- Опис нового бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху
- Аналіз ефективності нового бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху
- Розробка архітектури програмного комплексу для нового бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху;
- Розробка моделі інтерфейсу користувача з екранною формою;

Оптимізація процесу корекції звукового ряду для людей з порушеннями слуху на основі даних аудіограм, допоможе спростити процес діагностики порушень слуху, запропоновані моделі покращених бізнес-процесів, слугуватимуть зразком для створення майбутніх програмних продуктів, які зможуть запропонувати кінцевому споживачеві якісну корекцію звукового ряду.

1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.2 Аналіз процесу корекції звукового ряду для людей з порушеннями слуху

Існує дві категорії людей з порушеннями слуху. Перша категорія складається з людей які не чують частково. Друга категорія це ті, хто не чує зовсім. Друга категорія найчастіше страждає від повної глухоти.

За своєю природою, порушення слуху поділяють на два типи. Вроджені та набуті порушення. Вроджені порушення можуть виникати внаслідок генетичних відхилень або неправильного розвитку плоду під час вагітності. До набутих найчастіше відносяться інфекційні захворювання, вплив надмірного шуму і природне старіння організму.

В обох випадках можливе усунення проблем пов'язаних з порушеннями слуху. Якщо проблема пов'язана з набутими порушеннями слуху, то можливе проведення первинної медико-санітарної допомоги для усунення проблеми. Якщо проблема пов'язана з вродженими вадами слуху, то можливе проведення діагностики для виявлення причин порушення і їх подальшої корекції для усунення проблеми.

Якщо показники чутності людини перевищують показники в 40 дБ у дорослої людини і 30 дБ для дитини, то такі показники інтерпретують як важку форму порушення чутності. Більшість таких людей живе в країнах з низьким і середнім рівнем доходу.

З віком відзначаються природні зміни в організмі людини які призводять до порушень чутності і як наслідок, проблемам пов'язаним з втратою слуху, ці зміни починаються у віці після 65 років. Найвища поширеність цього стану в даній віковій групі відзначається в Південній Азії, Тихоокеанському регіоні Азії і в Африці на південь від Сахари.

Варто так само відзначити що, у країнах, що розвиваються діти, які страждають від втрати слуху і глухоти, рідко отримують якісну освіту. Крім того, у дітей з порушеною слуховою функцією один і той самий матеріал при навчанні, повинен повторюватися багаторазово. Серед дорослих людей, які страждають від

втрати слуху, відзначається набагато вищий рівень безробіття. Відсоток працюючого за профілем населення, у якого відзначається погіршення слуху вищий, ніж у тих, у кого відсутня дана проблема.

Виявлення проблеми на ранніх стадіях гарантує більш успішні результати лікування та корекції. Промислові масштаби по виробництву слухових апаратів та діагностичного обладнання здатні на поточний момент задовольнити лише 10% від світових та 3% потреб від країн що розвиваються. Забезпечення більш широкої наявності доступних методів діагностики та корекції порушень слуху, а також служб подальшого спостереження у всіх частинах світу, дозволить підвищити рівень медичного обслуговування.

Проведений пошук і подальше вивчення доступних матеріалів показало, що раніше велися дослідження і роботи з корекції звукового ряду для людей з порушеннями слуху. Проте вони були орієнтовані на розробку підходів і методик. Питання оптимізації та автоматизації процесу корекції звукового ряду для людей з порушеннями слуху раніше не розглядалися в повному обсязі.

Сама по собі, корекція звукового ряду умовно поділена на три фази:

- а) Початковий огляд
- б) Тестування слуху
- в) Корекція

У кожній фазі присутні елементи поверхневої автоматизації. Але відсутній взаємозв'язок між цими фазами.

На сьогоднішній день, для діагностики і корекції слуху використовується свій набір апаратно-програмного забезпечення. Більшість з них спроектовані для автономного та напівавтономного використання. Без підключення до баз даних, та без можливості експорту/імпорту даних до баз даних.

Слід також зауважити що апаратно-програмні комплекси існують як окремі пристрої так і у вигляді спеціалізованого програмного забезпечення. Більшість з якого не має можливості роботи із базами даних. У зв'язку з чим оптимізація і автоматизація процесу діагностики і корекції слуху зустрічається не повсюдно. У більшості випадків, відсутність вищезазначених функцій безпосередньо пов'язана

з низкою чинників, таких як співвідношення функціонального набору апаратно-програмного комплексу і його вартості.

Порівняння проводилося на прикладі двох апаратно-програмних комплексів для аналізу порушень слуху.

1.2 Аналіз існуючих апаратних комплексів для діагностики і корекції звукового ряду

Апаратно-програмний комплекс Interacoustics® Equinox 2.0



Рисунок 1.1 – Аудиометр Interacoustics® Equinox 2.0

Особливості програмного забезпечення:

- а) Історія сеансу, порівняння кількох аудіограм;
- б) Вбудований попередньо записаний мовний матеріал;
- в) Експорт медичних даних у форматі XML і PDF;
- г) Інтеграція з базою даних OtoAccess®(опціонально);
- д) Інтеграція з програмним забезпеченням Noah®;
- е) Підтримка операційних систем:
 - 1) Microsoft® Windows 7,
 - 2) Microsoft® Windows 8.1,
 - 3) Microsoft® Windows 10.

Регіональна підтримка:

- а) Північна Америка;

б) Південна Америка;

в) Країни Європи:

1) Швейцарія;

2) Італія;

3) Німеччина;

4) Норвегія;

5) Фінляндія.

г) Австралія;

д) Японія;

Середня вартість $\approx 392\,400$ €

Апаратно-програмний комплекс natus® Madsen Astera²



Рисунок 1.2 – Аудиометр natus® Madsen Astera²

Особливості програмного забезпечення:

а) Експорт медичних даних в форматі XML і PDF;

б) Інтеграція з програмним забезпеченням Otosuite®;

в) Підтримка операційних систем:

1) Microsoft® Windows 7;

2) Microsoft® Windows 8.1;

3) Microsoft® Windows 10;

Регіональна підтримка:

а) Північна Америка;

б) Південна Америка;

в) країни Європи:

1) Швейцарія;

2) Італія;

3) Німеччина;

4) Франція;

5) Україна.

г) Австралія.

Середня вартість $\approx 218\ 000$ €

Порівняльний аналіз вартості апаратно-програмних комплексів так само дозволив розібратися в причині відсутності широкого поширення цих комплексів на ринках країн, що розвиваються.

Критерієм поширеності виявився маркер регіональної підтримки даних комплексів. Також після проведеного аналізу, з'ясувалося, що вищевказані апаратно-програмні комплекси не набули широкого поширення на ринках, що розвиваються і ринках деяких розвинених країн через необхідність в установці, налаштуванні і обслуговуванні відповідних комплексів кваліфікованим персоналом.

Що в свою чергу ускладнює процес впровадження даних комплексів. Ускладнення у впровадженні цих комплексів гальмує процес заміщення застарілих технологій новими.

Як наслідок, застій у розвитку і вимушене використання вже існуючих на сьогоднішній день методів і підходів в діагностиці порушень слуху.

2. ВИВЧЕННЯ ІСНУЮЧИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ДІАГНОСТИКИ І КОРЕКЦІЇ ПОРУШЕНЬ СЛУХУ

2.1 Опис існуючого бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху

Якщо змоделювати процес діагностики і корекції слуху який проводиться на сьогоднішній день, то можна відзначити наступні недоліки:

- Необхідність в попередньому записі до профільного лікаря з подальшим очікуванням візиту;
- Проходження аудіометрії відбувається в стаціонарному режимі;
- Розрізненість джерел отриманих даних (результатів аналізів);
- Аудіограма майже завжди надається у паперовому вигляді;
- Необхідність оцифровки результатів аудіометрії (аудіограми).

В наслідок чого питання оптимізації поточних методів і підходів відходять на другий план. Одним з ключових завдань досліджень є демонстрація того, як процес діагностики порушень слуху може бути оптимізований існуючими на сьогоднішній день методами. Найкращою демонстрацією підсумків процесу оптимізації, є показники ефективності.

Нижче продемонстровані етапи процесу первинної оцінки якості слуху з якими стикається людина у якої спостерігається первинні порушення слуху: рис. 2.1

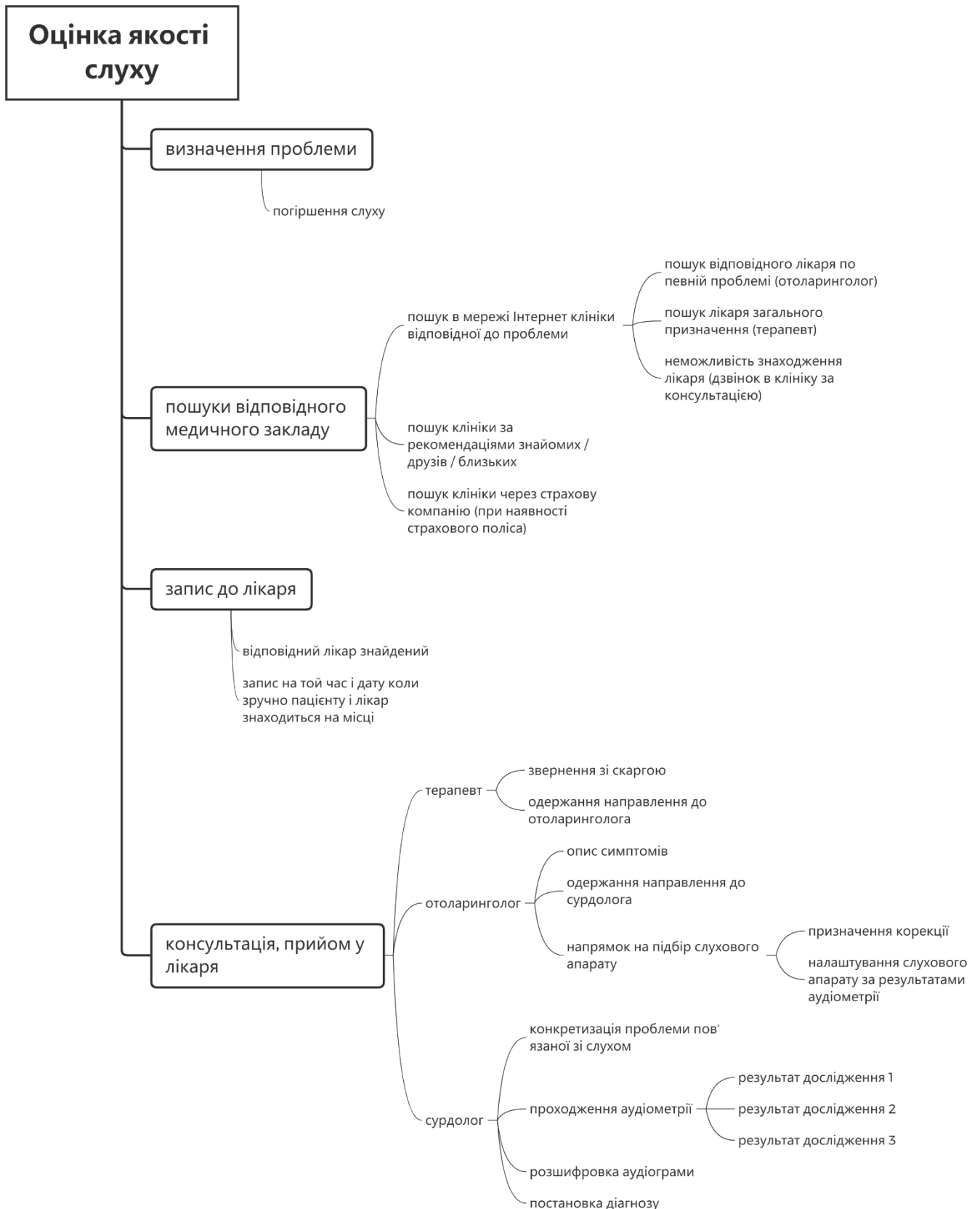


Рисунок 2.1 – Ментальна карта процесу оцінки якості слуху

На сьогоднішній день існують різні інструменти для моделювання бізнес-процесів, всі вони використовують різні нотації для опису процесів. Так існують

стандартизовані і власні підходи до моделювання бізнес-процесів, які можна об'єднати за принципом роботи в три основні.

- процесний підхід;
- функціональний підхід;
- ментальний підхід (із застосуванням ментальних карт).

Для моделювання бізнес-процесу в роботі, зупинимось на процесному підході.

Процес з точки зору бізнес-моделі – це послідовність подій і дій, які мають початок і кінець. [1]

Для процесного моделювання оптимальним буде використання графічної нотації BPMN так як вона є вже сформованим стандартом процесного моделювання.

Принципова відмінність процесного моделювання від функціонального або ментального полягає в тому, що при процесному моделюванні основна увага приділяється не тому, що ми хочемо отримати, а тому, що потрібно зробити для отримання результату, тобто НЕ підсумкам тієї чи іншої діяльності, а самій послідовності дій, в той час як у ментальному моделюванні акцент робиться в першу чергу на того, хто описує процес.[2]

Таким чином була створена модель поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху. Моделювання проводилося з використанням графічної нотації BPMN.

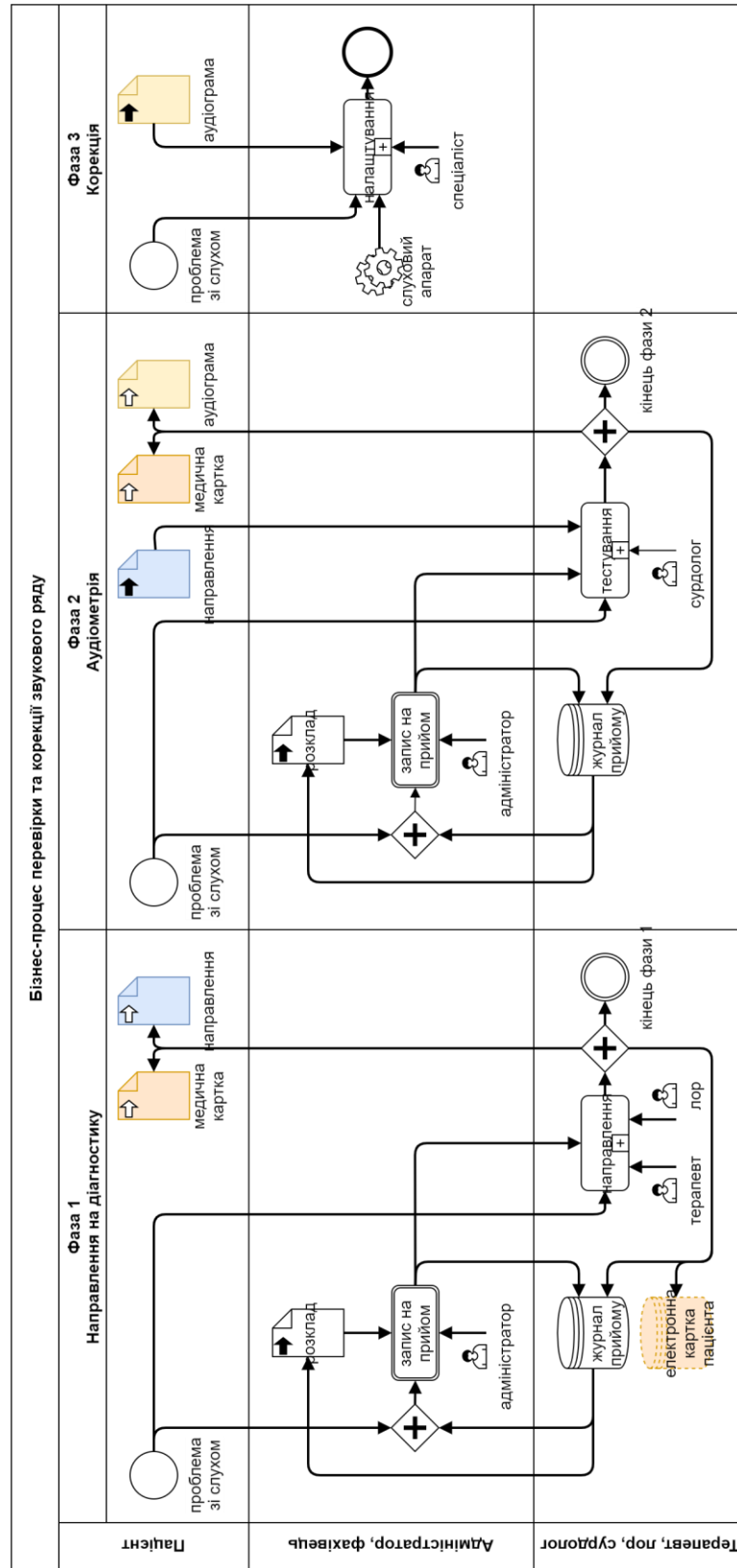


Рисунок 2.3 - Модель поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху у графічній нотації BPMN

2.2 Аналіз існуючого бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху

Мова опису бізнес-процесів BPMN спирається на наступні базові об'єкти:

- Event – (подія);
- Activity – (дія);
- Gateway – (шлюзи та розвилки);
- Flow – (потік);
- Date – (дані);
- Artefact – (артефакти);
- Swimline – «плавальні доріжки»;
- Pool – (набір).[3]

Ці базові об'єкти були використані при моделюванні поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху.

Так, ми маємо три набори (Pool), які представлені у вигляді трьох різних типів учасників процесу які в ньому задіяні, це і сам пацієнт, і адміністратори, і безпосередньо самі лікарі. рис. 2.4

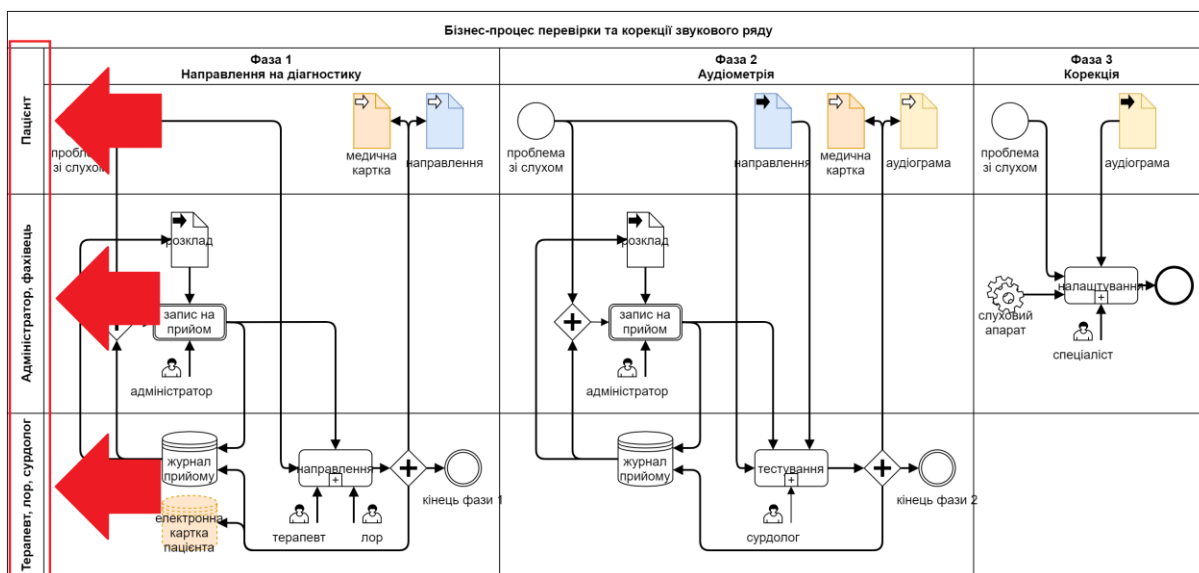


Рисунок 2.4 – Набори (Pool) учасників процесу

Також, ми маємо три різних типи подій (Event). рис. 2.3

Event - це та подія, яка сталася в описі процесу. Ці події можуть бути наступними:

- Початкова (позначена зеленим);
- Проміжна (позначена червоним);
- Кінцева (позначена синім).

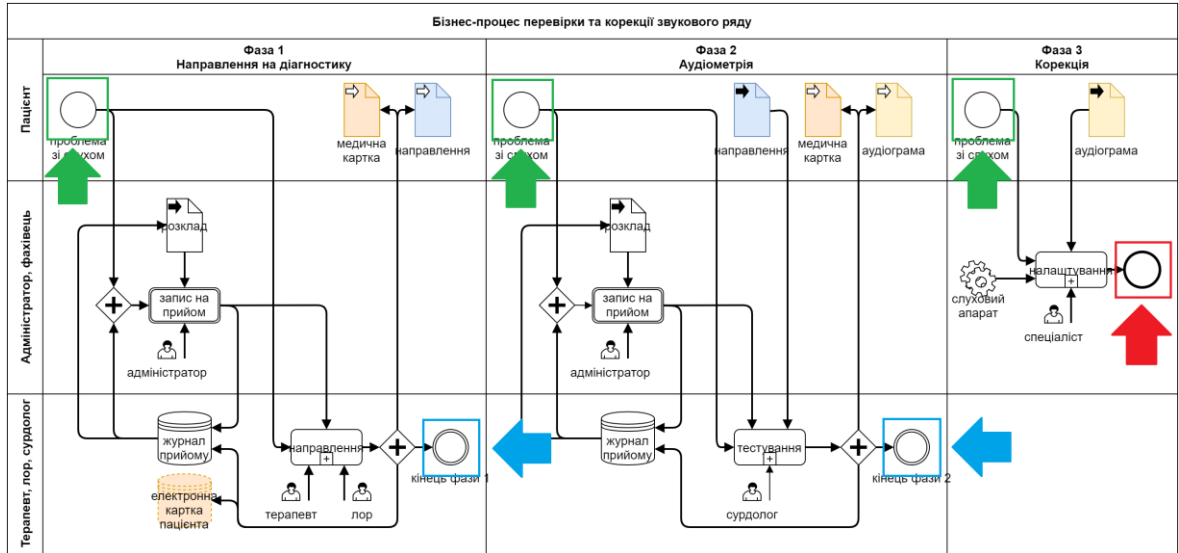


Рисунок 2.5 – Набори учасників процесу

3. РОЗРОБКА МОДЕЛІ НОВОГО БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТИКИ І КОРЕКЦІЇ ПОРУШЕНЬ СЛУХУ

3.1 Аналіз ефективності нового бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху

У зв'язку з виявленням в поточному бізнес-процесі слабкими місцями і недоліками, була розроблена поліпшена модель пропонованого бізнес-процесу, який позбавлений нижчеперелічених недоліків. рис. 3.1

У моделі поточного бізнес-процесу в кінці кожної фази генеруються вихідні дані.

У вигляді:

- записів у медичній картці та направлення (фаза №1);
- записів у медичній картці та аудіограми (фаза №2);
- аудіограми (фаза №3).

Відсутня загальна база даних. Вихідні дані формуються в друкованому вигляді:

- напрямки;
- рецепти;
- результати аналізів, тощо.

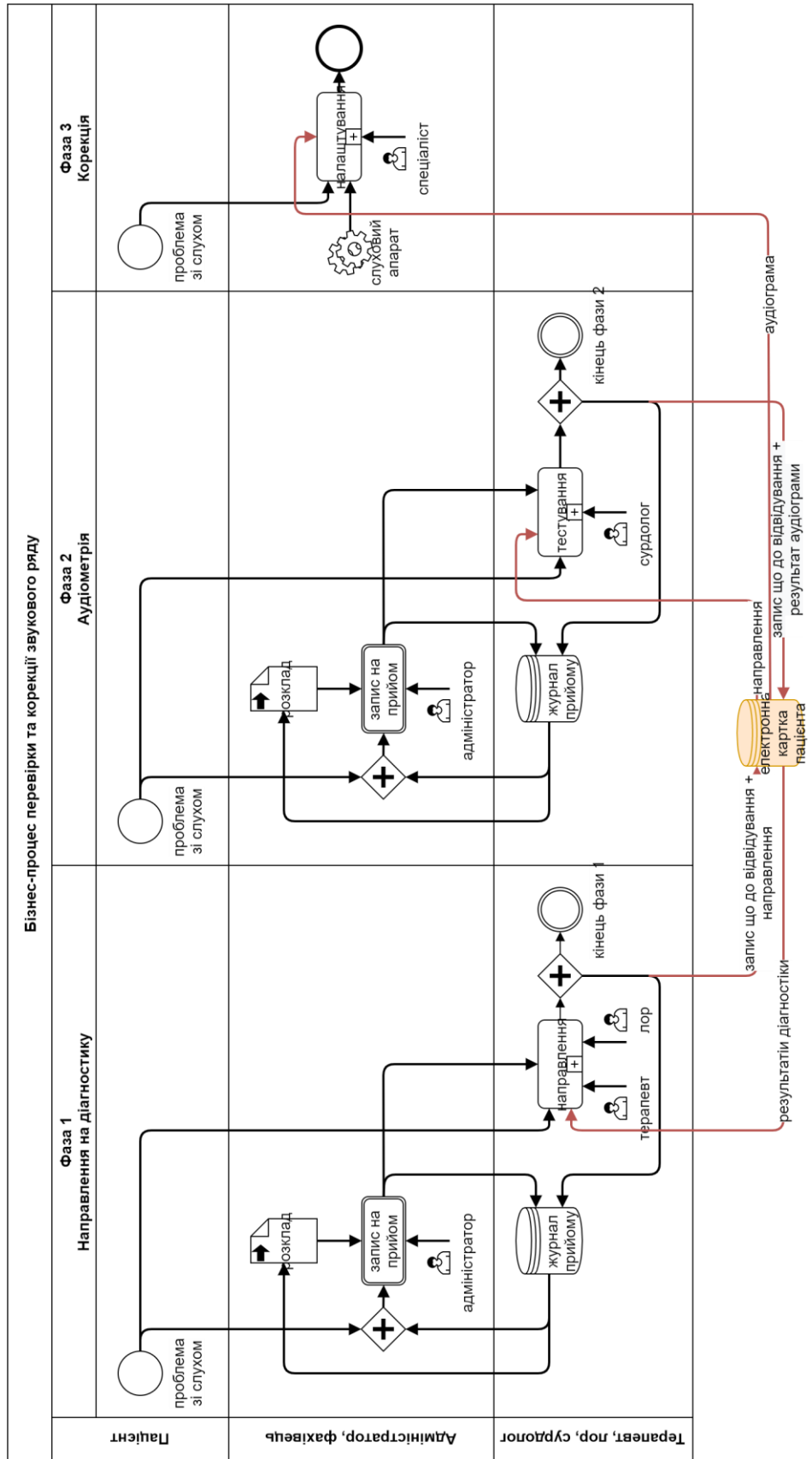


Рисунок 3.1 – Пропонований бізнес-процес діагностики і корекції порушень слуху

Ключові показники ефективності або KPI – (англ. Key Performance Indicators)

- це числові показники діяльності, які допомагають виміряти ступінь оптимальності процесу, за такими основними критеріями як:

- Результативність;
- Ефективність.

У дослідженні, для аналізу ефективності старого і нового бізнес-процесів будуть застосовуватися показники ефективності. Серед усіх можливих показників ефективності, були виділені найбільш інформативні для даної області і предмета досліджень, такі як:

- Зручність;
- Витрати часу;
- Рівень автоматизації;

Зручність - оптимізації процесів корекції звукового ряду для старого процесу і процесу що розробляється, будемо оцінювати за кількістю операцій (кроків).

Витрати часу – оптимізації процесів корекції звукового ряду для старого процесу і процесу що розробляється, будемо оцінювати сумарно так-як кількість кроків в старому і новому процесі можуть і будуть відрізнятися.

Рівень автоматизації – оптимізації процесів корекції звукового ряду для старого процесу і процесу що розробляється будуть оцінюватися за кількістю можливих наборів запитів з бази даних.

Спочатку для аналізу, буде продемонстрований загальний вигляд поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху. рис. 3.2

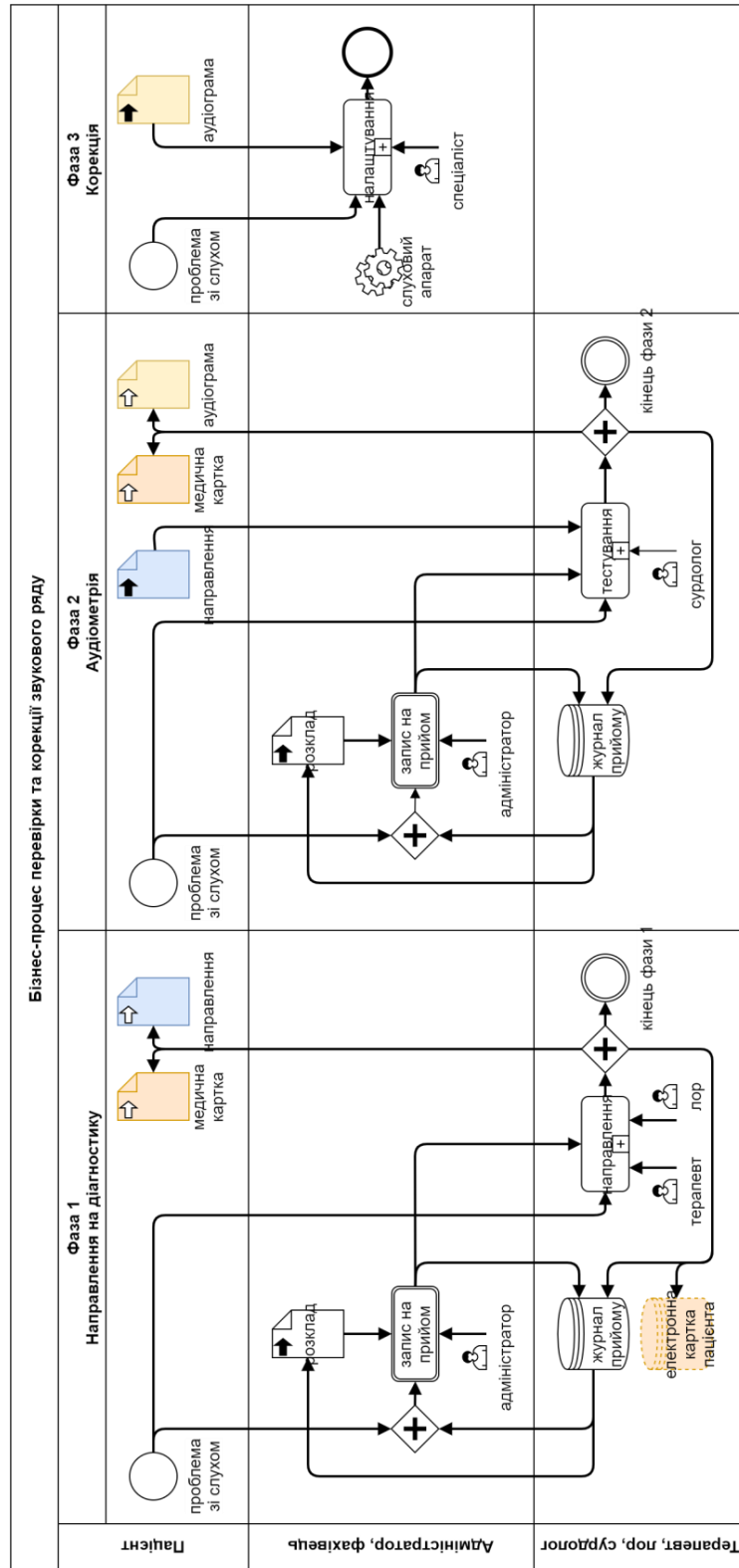


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху у нотації BPMN

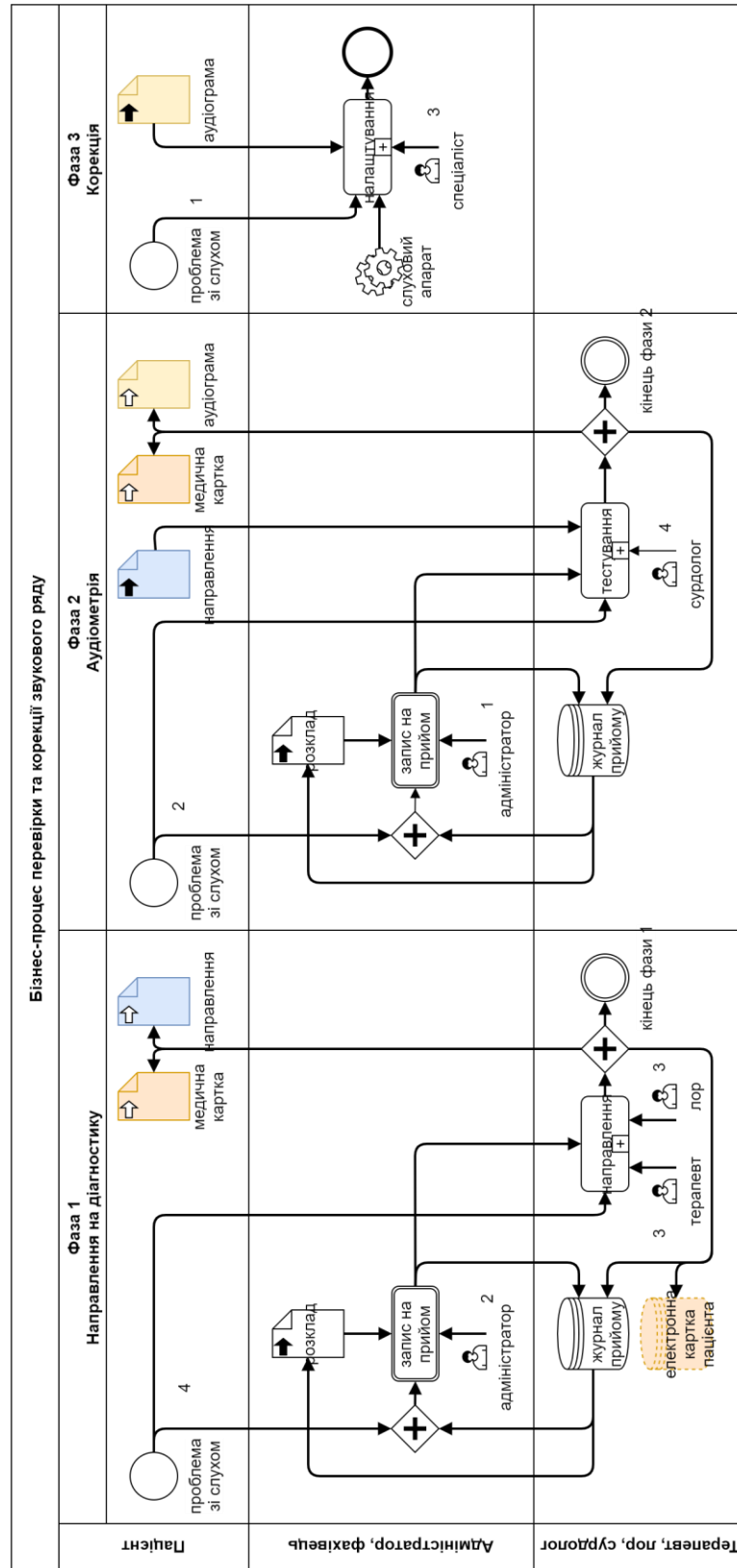


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху у нотації BPMN з кількістю кроків

Загальний вигляд поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху але вже з демонстрацією кількості операцій (кроків) необхідних для проходження всього процесу від початку і до кінця. рис. 3.3

У моделі цього бізнес-процесу в кінці кожної фази генеруються вихідні дані. У вигляді:

- записів у медичній картці та направлення (фаза №1);
- записів у медичній картці та аудіограми (фаза №2);
- аудіограми (фаза №3).

Відсутня загальна база даних. Вихідні дані формуються в друкованому вигляді:

- напрямки;
- рецепти;
- результати аналізів, тощо.

Для оптимізації поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху, був розроблений поліпшений (пропонований) бізнес-процес діагностики і корекції порушень слуху. рис. 3.4 У ньому було скорочено кількість проміжних кроків. ефективність такого бізнес-процесу буде продемонстрована на стрічкової діаграмі. рис. 3.5

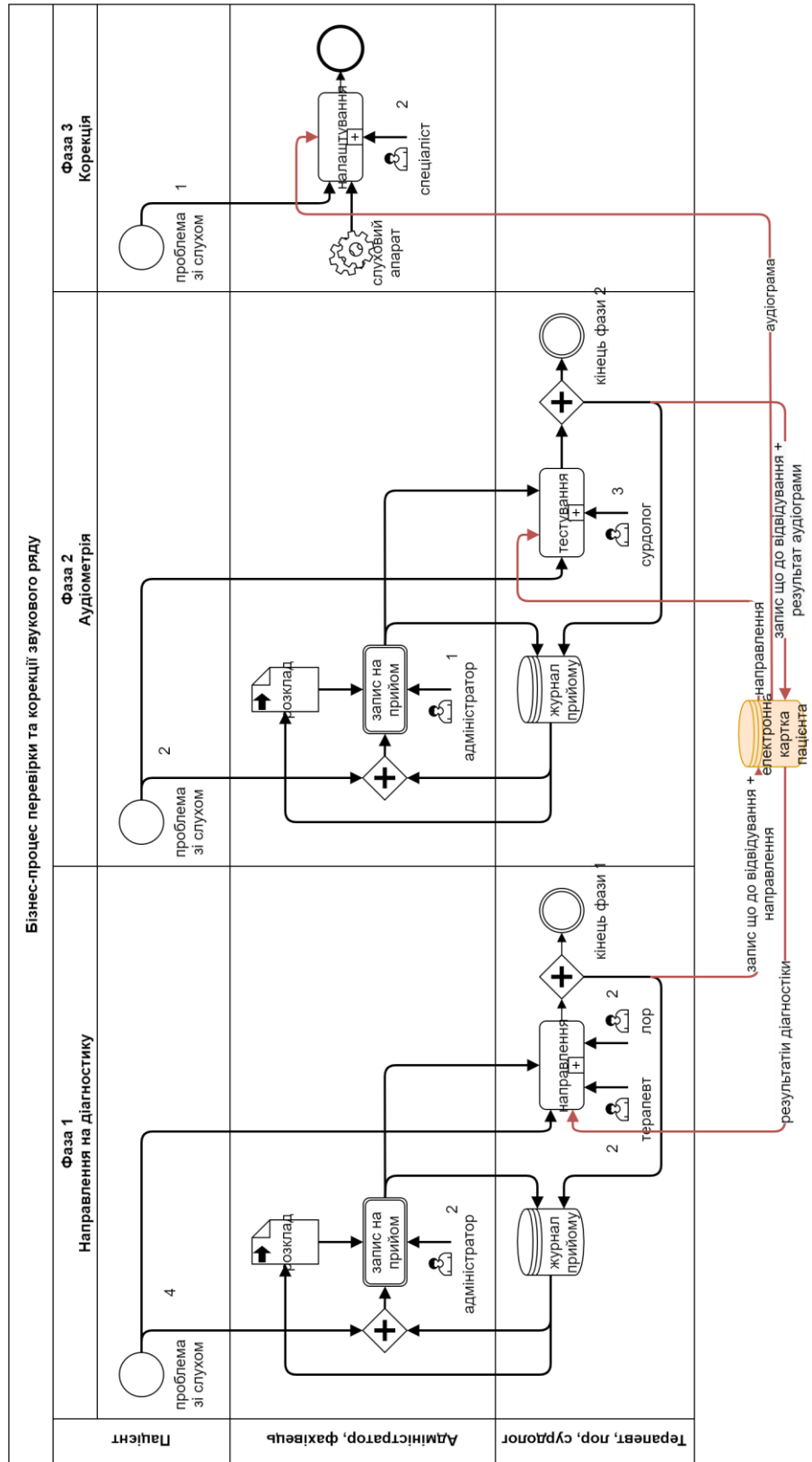


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд пропонованого бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху у нотації BPMN з кількістю кроків

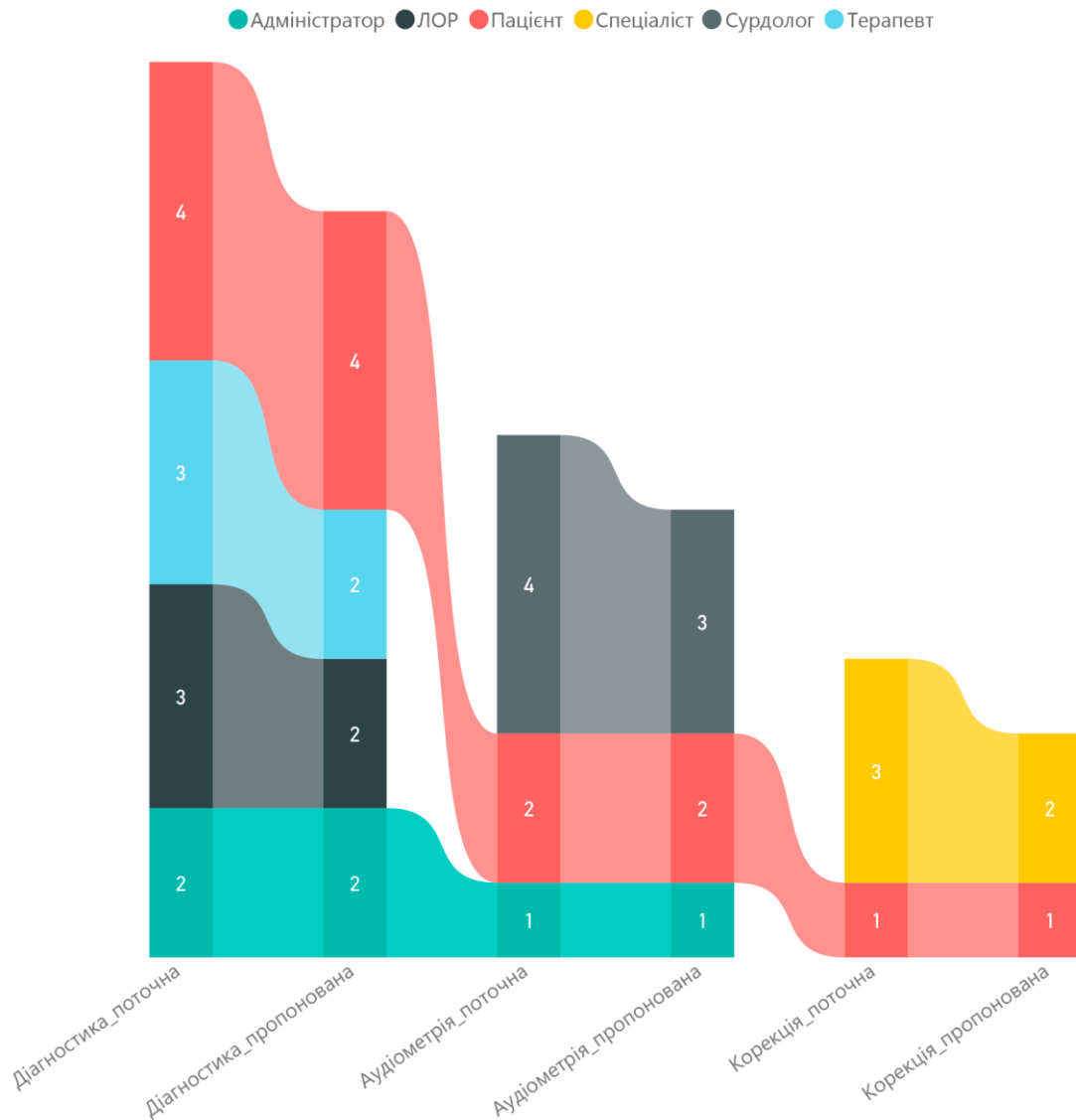


Рисунок 3.6 – Стрічкова діаграма порівняння ефективності поточного і пропонованого бізнес-процесів діагностики і корекції порушень слуху.

Результати аналізу моделі оптимізованого (пропонованого) бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху демонструють скорочення кількості проміжних етапів при проходженні діагностики на 20% або 4 кроки, за показником зручності.

У моделі цього бізнес-процесу в кінці кожної фази на відміну від попереднього, беручи до уваги усі недоліки попереднього бізнес-процесу, пропонується впровадження загальної бази даних. Якою можна скористатися на усіх фазах.

Тепер загальний вигляд поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху але вже з демонстрацією кількості часу у хвилинах, необхідного для проходження всього процесу від початку і до кінця. рис. 3.7

У моделі наведеного бізнес-процесу в кінці кожної фази генеруються вихідні дані у вигляді:

- записів у медичній картці та направлення (фаза №1);
- записів у медичній картці та аудіограми (фаза №2);
- аудіограми (фаза №3).

Відсутня загальна база даних. Вихідні дані формуються в друкованому вигляді:

- напрямки;
- рецепти;
- результати аналізів, тощо.

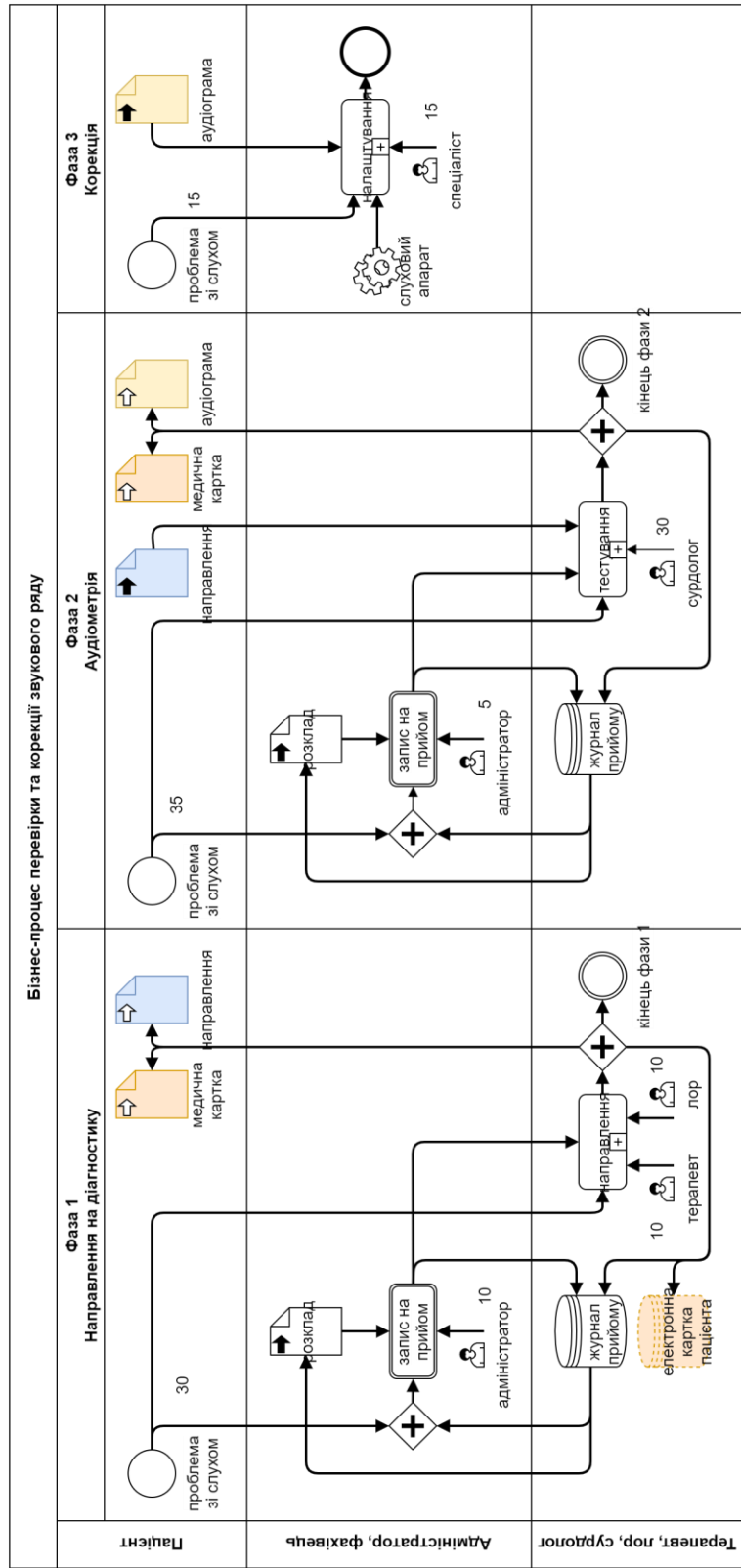


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху у нотатції BPMN з кількістю часу

Для оптимізації поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху, був розроблений поліпшений (пропонований) бізнес-процес діагностики і корекції порушень слуху. рис. 3.7

У ньому було скорочено кількість часу проміжних кроків. ефективність такого бізнес-процесу буде продемонстрована на стрічкової діаграмі. рис. 3.8

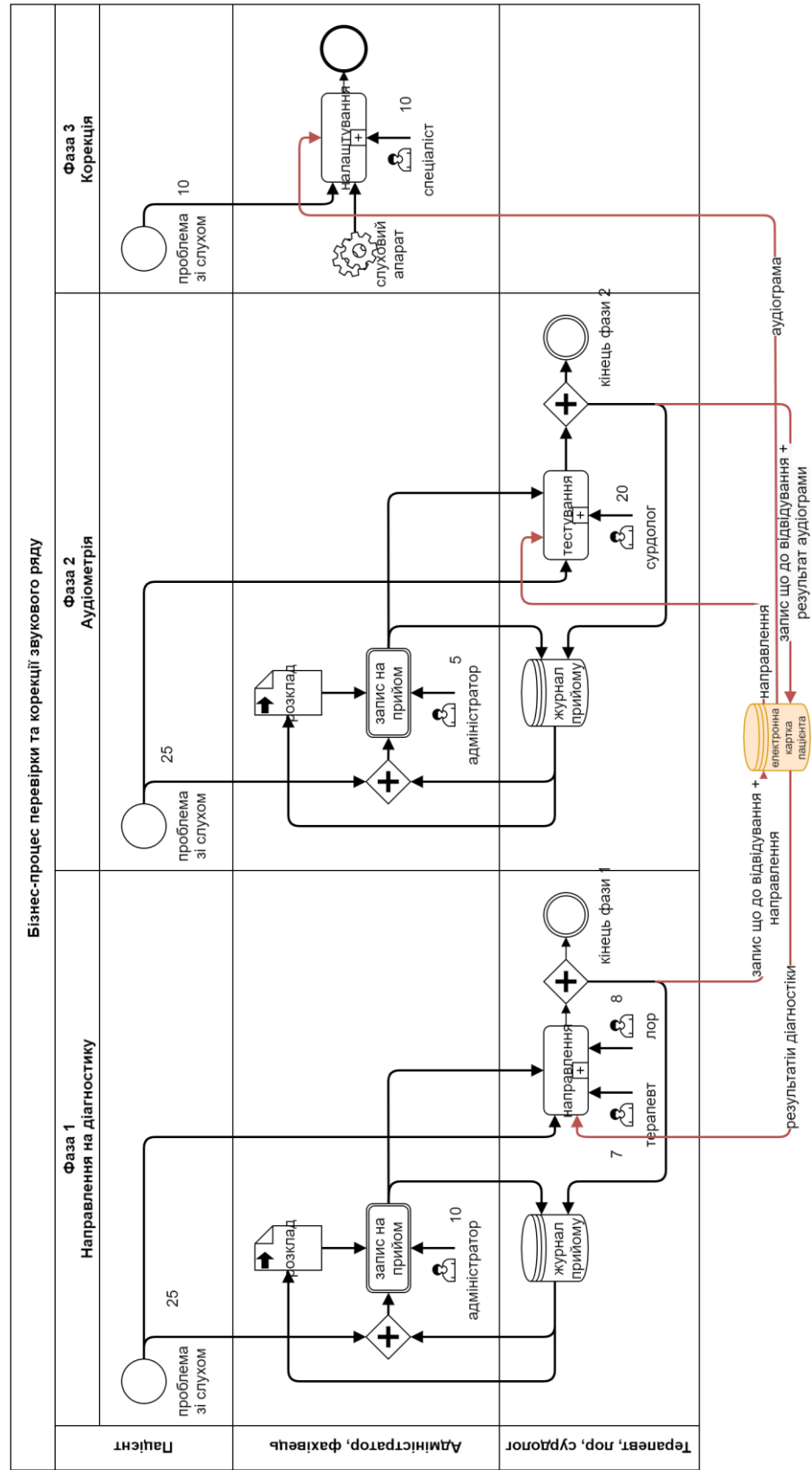


Рисунок 3.8 – Загальний вигляд пропонованого бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху у нотації BPMN з кількістю часу

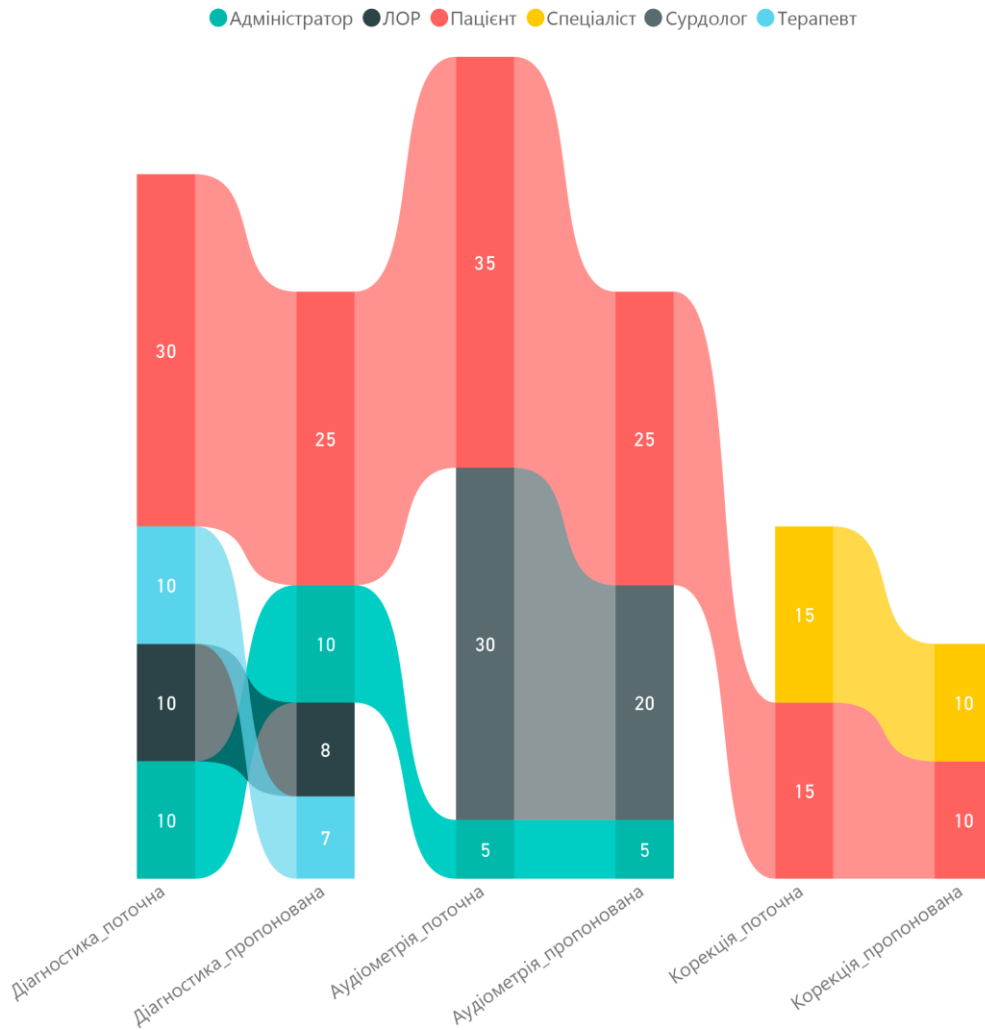


Рисунок 3.9 – Стрічкова діаграма порівняння ефективності поточного і пропонованого бізнес-процесів діагностики і корекції порушень слуху.

Результати аналізу моделі оптимізованого (пропонованого) бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху демонструють скорочення кількості часу при проходженні діагностики на 25% або 40 хвилин, за показником витрати часу.

У моделі цього бізнес-процесу в кінці кожної фази на відміну від попереднього, беручи до уваги усі недоліки попереднього бізнес-процесу, пропонується впровадження загальної бази даних. Якою можна скористатися на усіх фазах.

Тепер загальний вигляд поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху але вже з демонстрацією кількості звернень до бази даних, необхідних для проходження всього процесу від початку і до кінця. рис. 3.10

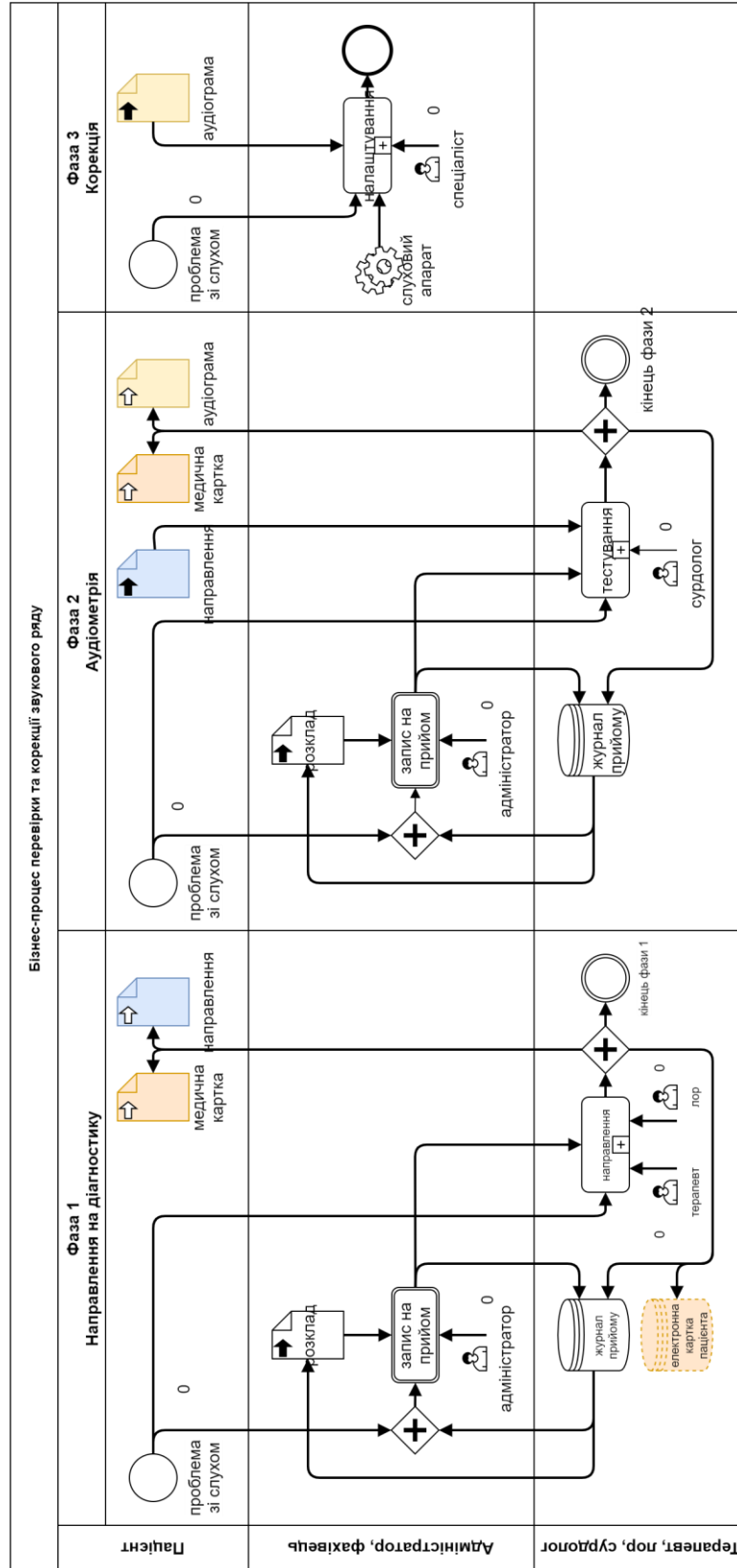


Рисунок 3.10 – Загальний вигляд поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху у нотації BPMN з кількістю звернень до бази даних

Так як в поточному бізнес-процесі відсутня база даних, то і кількість звернень буде дорівнювати нуль, на кожному етапі процесу даігностікі і корекції порушень слуху. У моделі наведеного бізнес-процесу в кінці кожної фази генеруються вихідні дані.

У вигляді:

- записів у медичній картці та направлення (фаза №1);
- записів у медичній картці та аудіограми (фаза №2);
- аудіограми (фаза №3).

Відсутня загальна база даних. Вихідні дані формуються в друкованому вигляді:

- напрямки;
- рецепти;
- результати аналізів, тощо.

Для оптимізації поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху, був розроблений поліпшений (пропонований) бізнес-процес діагностики і корекції порушень слуху. рис. 3.11

У ньому було скорочено кількість часу проміжних кроків. ефективність такого бізнес-процесу буде продемонстрована на діаграмі з областями. рис. 3.12

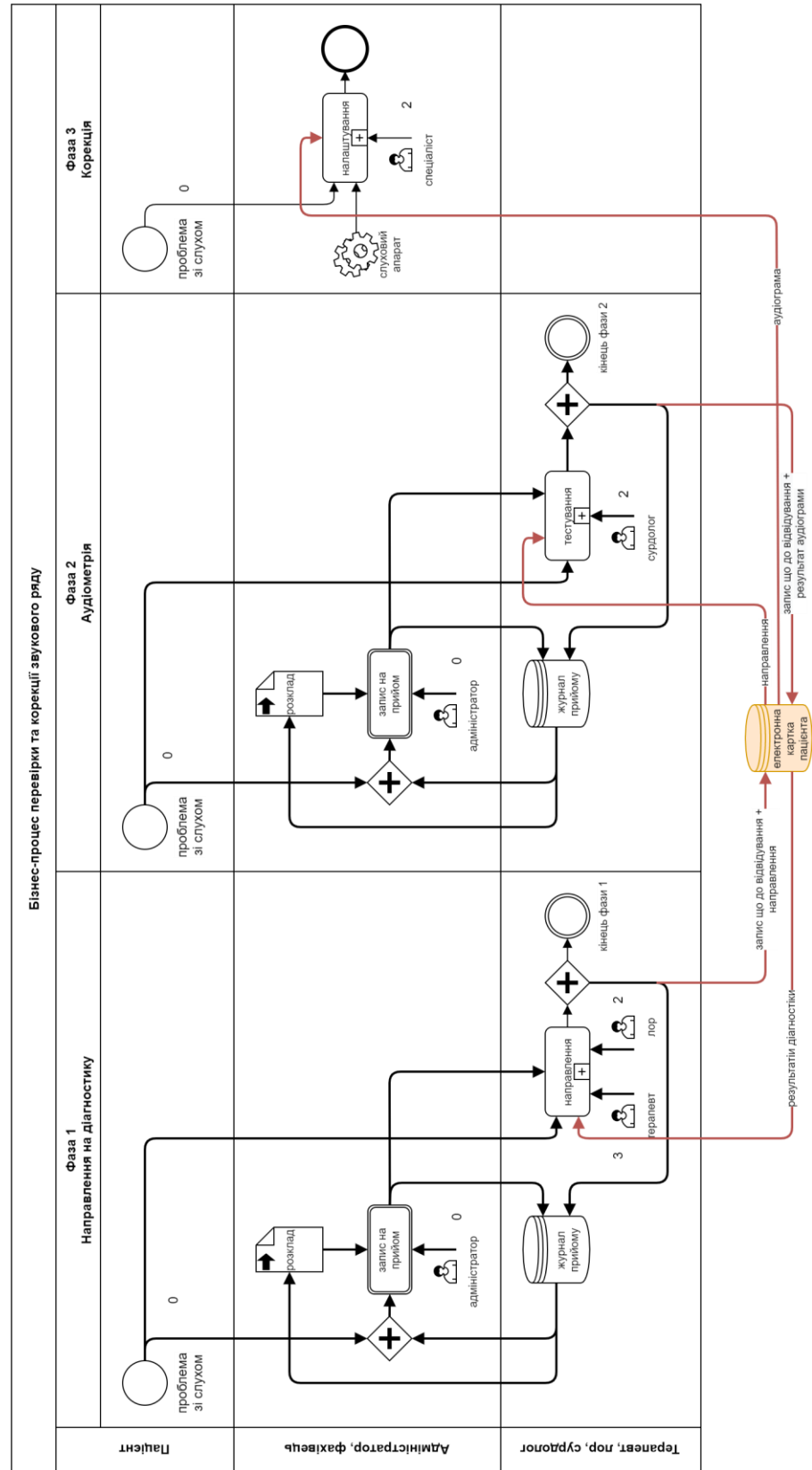


Рисунок 3.11 – Загальний вигляд пропонованого бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху у нотатції BPMN з кількістю звернень до бази даних

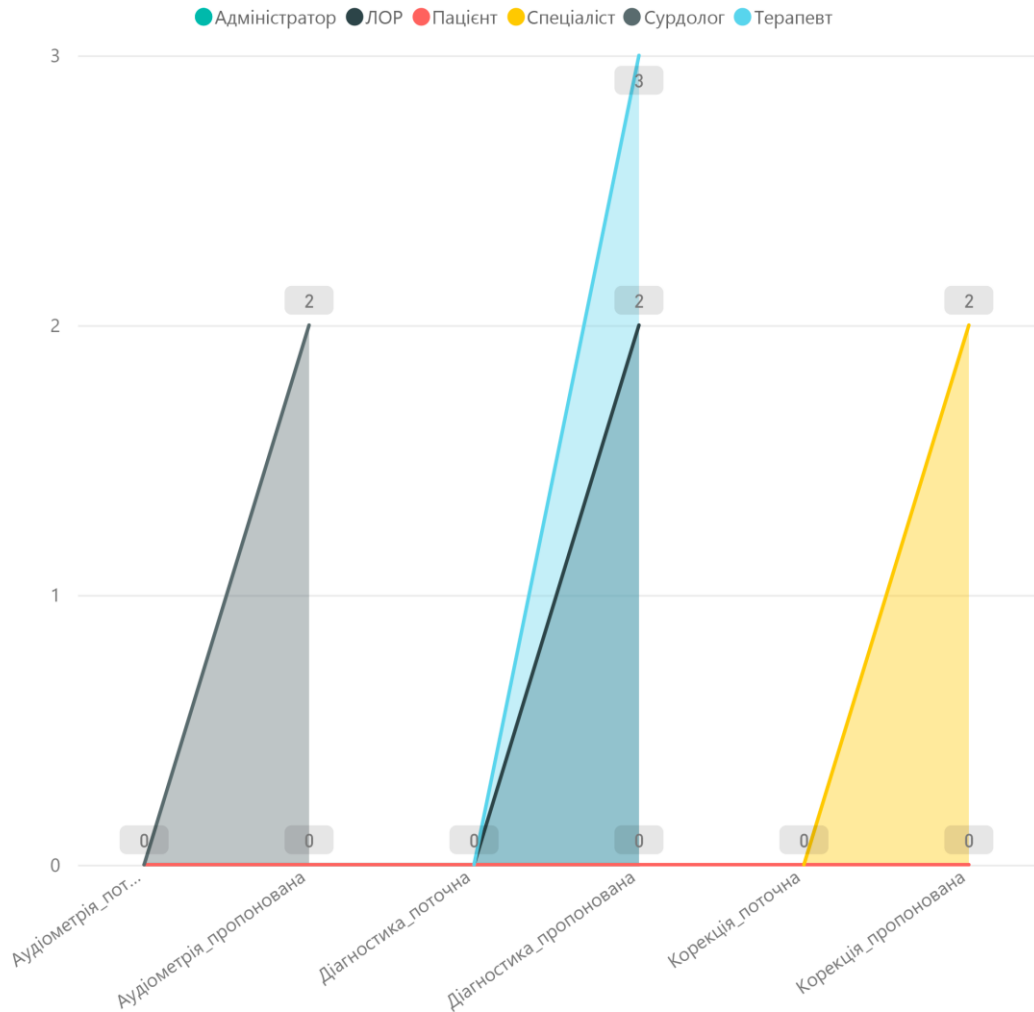


Рисунок 3.12 – Діаграмі з областями порівняння ефективності поточного і пропонованого бізнес-процесів діагностики і корекції порушень слуху.

Результати аналізу моделі оптимізованого (пропонованого) бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху демонструють збільшення кількості звернень до бази даних на 9 пунктів, за показником звернень до бази даних.

Що є неминучим оскільки в основу даної оптимізації закладено застосування бази даних.

У моделі цього бізнес-процесу в кінці кожної фази на відміну від попереднього, беручи до уваги усі недоліки попереднього бізнес-процесу, пропонується впровадження загальної бази даних. Якою можна скористатися на усіх фазах.

Всі вище продемонстровані пропозиції по оптимізації поточного бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху не обійшлися без застосування централізованої бази даних, яка надасть можливість оптимізувати поточний бізнес-процес за такими показниками як:

- Зручність (кількість проміжних етапів)
- Витрати часу (кількість часу необхідного на проміжних етапах)

3.2 Структура бази даних для нового бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху

В системі підтримки прийняття рішень, що розробляються в даній роботі, однією з важливих складових є зберігання даних. Для кінцевого користувача буде важливим відстежувати динаміку змін свого фізичного стану. Так само накопичені дані можуть бути корисними для подальшого розвитку проекту, так як представляють важливий аналітичний ресурс з величезним масивом даних які можуть бути використані для подальшого поліпшення користувацького досвіду і вдосконалення додатку.

Для зберігання даних використовується PostgreSQL

Сильними сторонами PostgreSQL вважаються:

- високопродуктивні і надійні механізми транзакцій і реплікації;
- розширювана система вбудованих мов програмування: в стандартному постачанні підтримуються PL/pgSQL, PL/Perl, PL/Python і PL/Tcl; додатково можна використовувати PL/Java, PL/PHP, PL/Py, PL/R, PL/Ruby, PL/Scheme, PL/sh і PL/V8, а також є підтримка завантаження модулів розширення на мові C;
- спадкування;
- вбудована підтримка слабоструктурованих даних в форматі JSON з можливістю їх індексації;

- розширюваність (можливість створювати нові типи даних, типи індексів, мови програмування, модулі розширення, підключати будь-які зовнішні джерела даних).

Логічна модель бази даних створюється для наочної і зрозумілої демонстрації структури всієї системи, даних які будуть у ній зберігатися і відносини між різними її блоками.

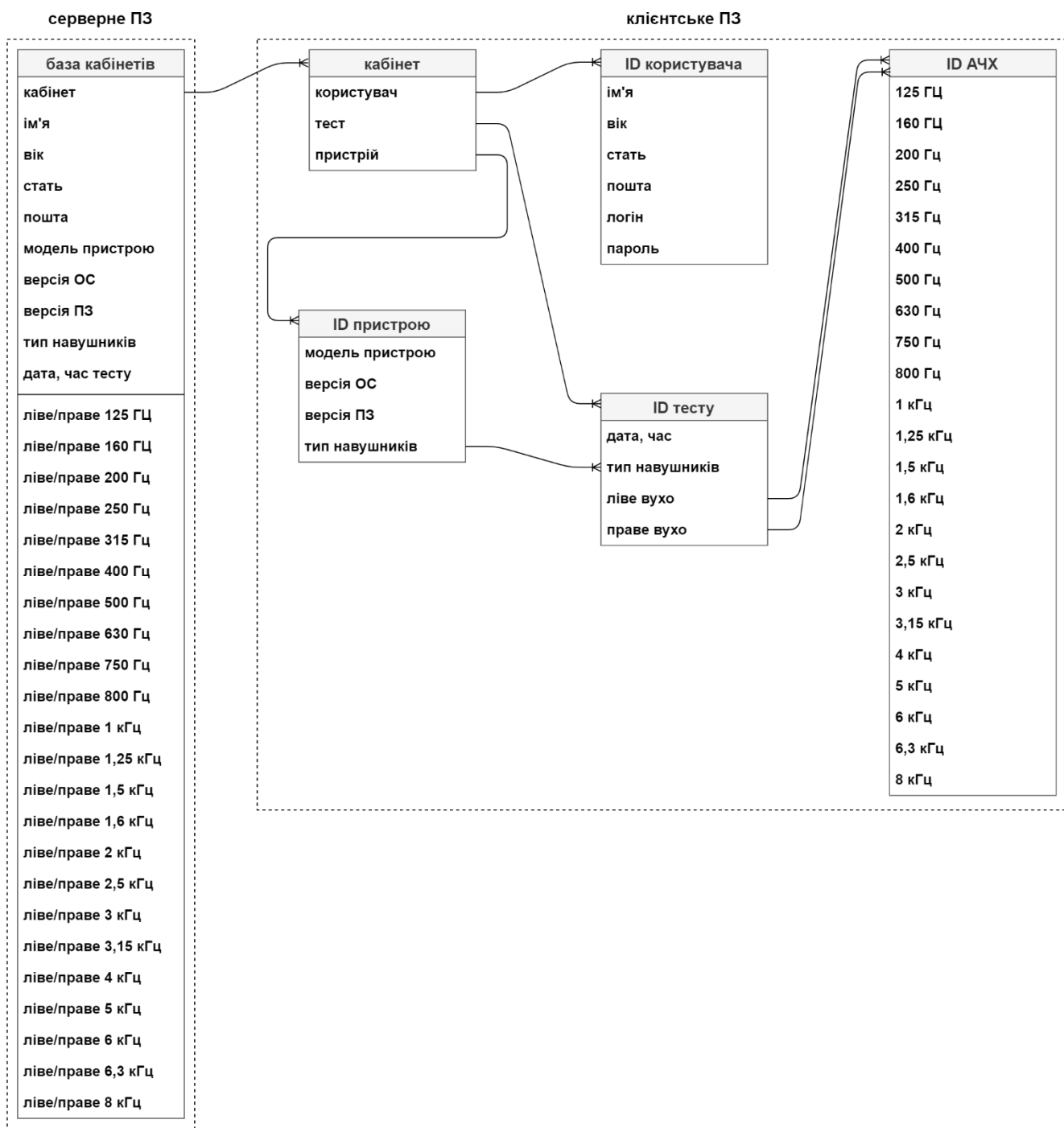


Рисунок 3.13 – Логічна модель бази даних

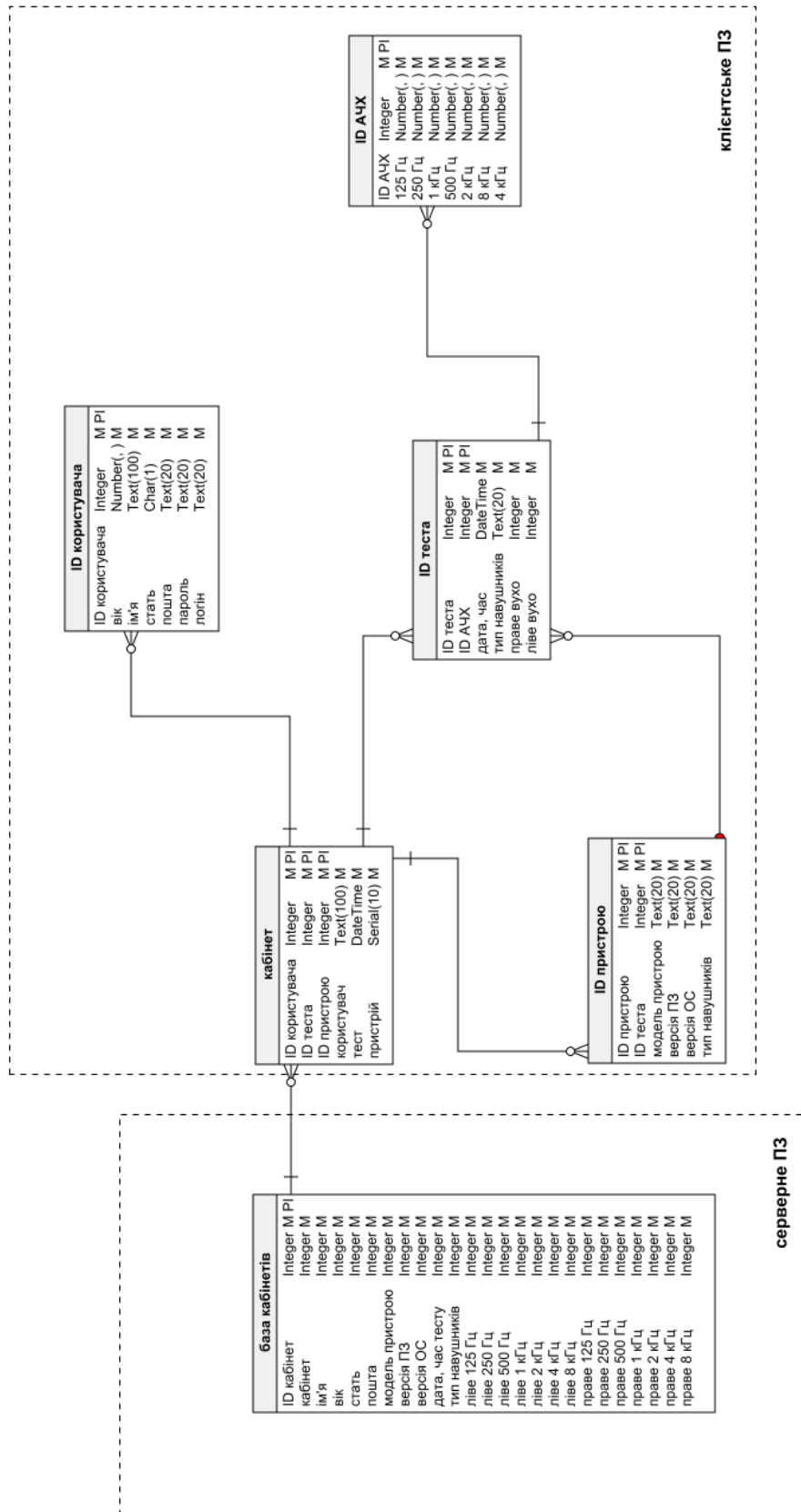


Рисунок 3.14 – Логічна модель бази даних

4. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ НОВОГО БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТИКИ І КОРЕКЦІЇ ПОРУШЕНЬ СЛУХУ

4.1 Архітектура програмного комплексу для нового бізнес-процесу діагностики і корекції порушень слуху

Архітектуру програмного комплексу для нового бізнес-процесу діагностики і корекції можна представити у вигляді схем IDEF0.

Опис виглядає як «чорний ящик» з входами, виходами, управлінням і механізмом, який поступово деталізується до необхідного рівня. рис. 4.1

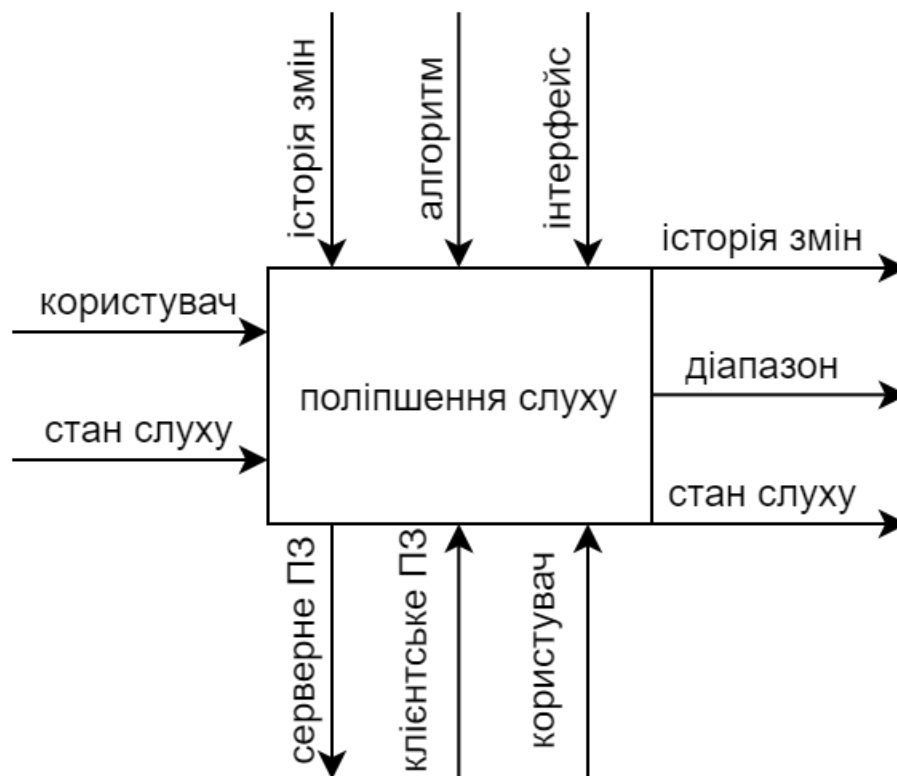


Рисунок 4.1 – Схема блоку «поліпшення слуху» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується: Вхід:

- Користувач – конкретний кінцевий споживач який потребує поліпшення слуху.
- Стан слуху – порушення слуху які присутні у кінцевого споживача, які впливають на сприйняття чутного аудіоряду.

Керування:

- Історія змін – перелік раніше зроблених коригувань (налаштування частотних фільтрів) для швидкого застосування без необхідності проводити додаткове тестування.
- Алгоритм – набір правил і процесів, за якими в світовій практиці проводиться перевірка стану слуху, описує процес взаємодії з користувачем а також як саме надавати результати (UX).

Механізми:

- Серверне ПЗ – сукупність програмного коду забезпечує збереження профілю користувача на його різних пристроях, збереження моделей пристроїв та версії пристроїв відтворення звуку, імпорт даних вимірювань, і загальний статистичний аналіз власником сервісу серед усіх обслуговуваних користувачів, для вивчення проблематики слуху.
- Клієнтське ПЗ – сукупність програмного коду, що завантажується на пристрій користувача для виконання функцій тестування слуху та коригування. Перегляду історії зміни слуху (погіршення / поліпшення) з використанням ПЗ на різних пристроях користувача
- Користувач – інтелектуальний елемент забезпечує будь-які зміни налаштувань з використанням серверного та клієнтського ПЗ. Користувач на ВХОДІ і в МЕХАНІЗМ - це ода і та ж сутність виконує різні функції.

Вихід:

- Історія змін – набір відомостей необхідних для збереження і для використання в механізмі швидкого застосування налаштувань частотних фільтрів.

- Діапазон – результат вимірювань і коригування стану слуху.
- Стан слуху – якісний показник зміненого стану слуху.

У декомпозиції верхнього рівня, верхній рівень складається з таких блоків:
рис. 4.2

- Вибір варіанту;
- Коригування слуху;
- Контроль якості та відображення результатів.

"A1" – Вибір варіанту – модуль забезпечує початкову взаємодію з метою вибору варіанту корекції слуху, із застосуванням або без тестування, застосування раніше створених фільтрів і налаштувань, з історії та бази даних.

"B1" – Коригування слуху – модуль є ядром всієї системи, що забезпечує збір інформації про стан слуху, його тестування (діагностику) і перевірку якості налаштування частотних фільтрів.

"C1" – Контроль якості та відображення результатів – модуль відповідає за людино-зрозумілу інтерпретацію результатів, порівняння з попередніми станами, відображення динаміки змін і вносить коригування в діапазон налаштування частотних фільтрів модуля "коригування слуху"

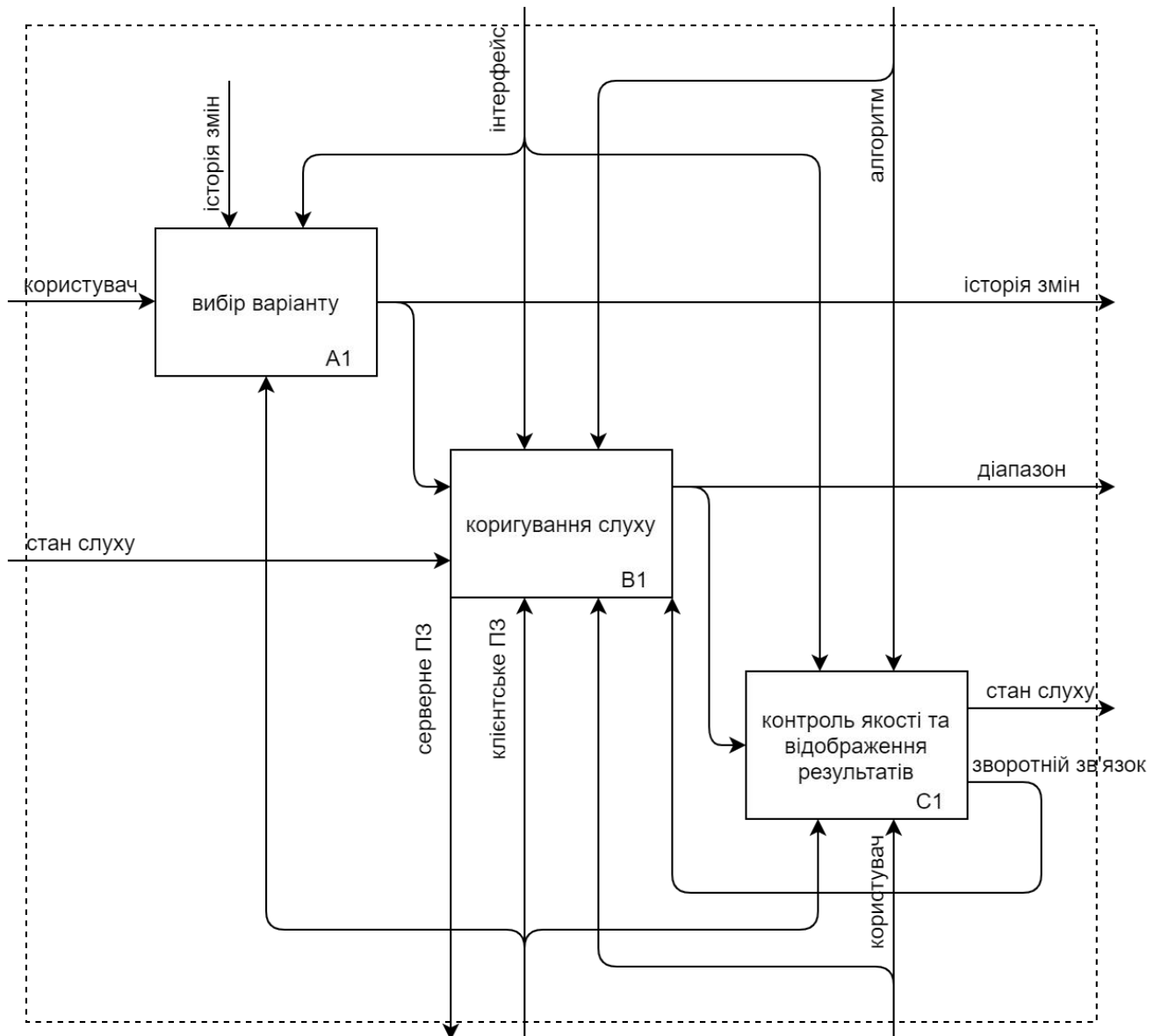


Рисунок 4.2 – Схема декомпозиції верхнього рівня блоку «поліпшення слуху» у нотації IDEF0

Додатковим внутрішнім виходом і внутрішнім механізмом є зворотний зв'язок.

Зворотній зв'язок – з'єднує модуль "контроль якості і відображення результатів" по виходу з входом механізму "коригування слуху", дозволяє переконатися в коректності налаштування частотних фільтрів для забезпечення якісного слуху.

Блок А1 виконує функції визначення варіанту тестування в залежності від того на якому зі своїх пристроїв користувач буде проводити перевірку. рис. 4.3

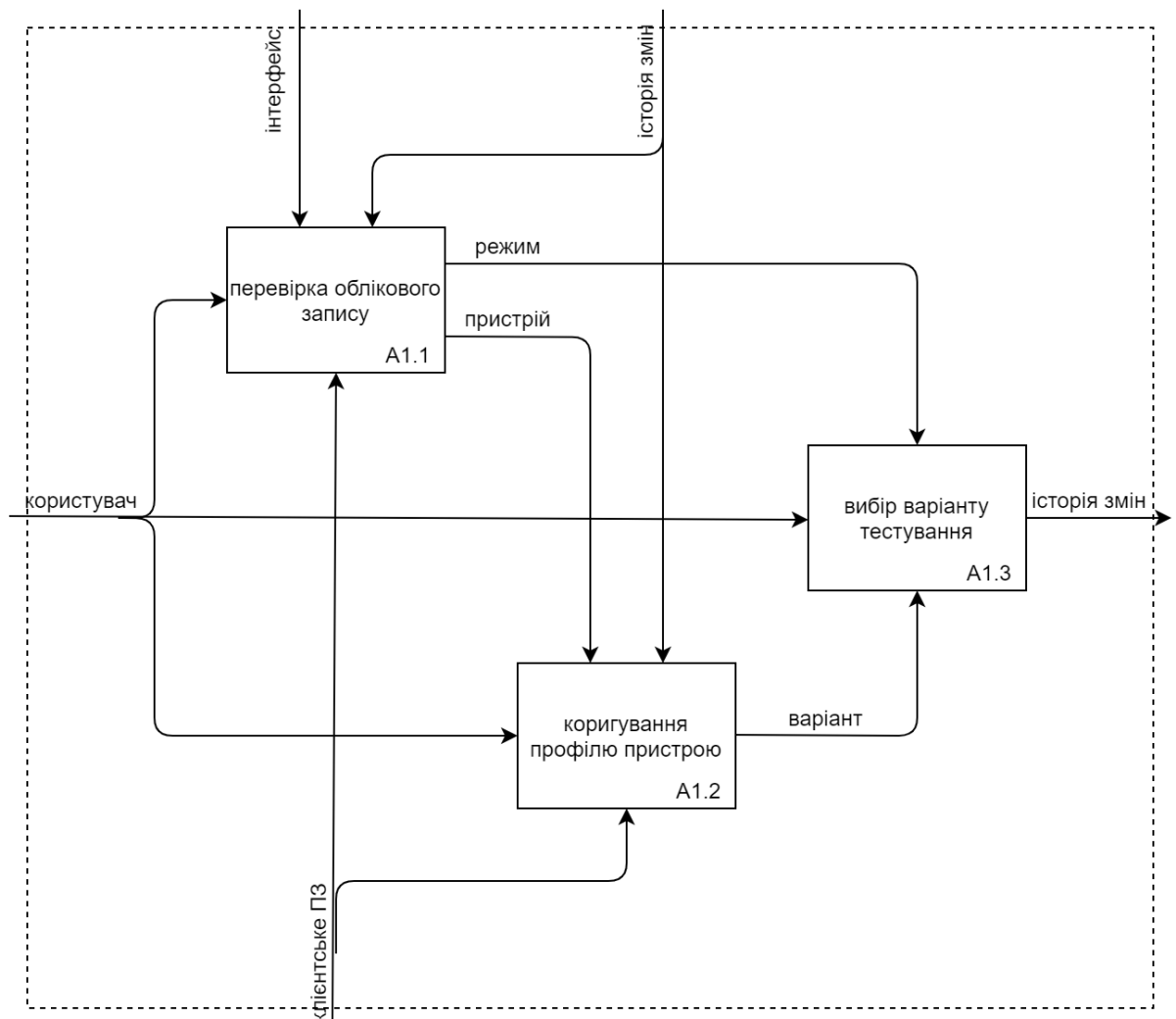


Рисунок 4.3 – Схема декомпозиції блоку А1 «вибір варіанту» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід:

- Користувач – присутній тільки як суб'єкт тестування.

Керування:

- Інтерфейс – описує доступ до даних особистого кабінету.
- Історія – записи попередніх тестів, для швидкого вибору налаштувань.

Механізми:

- Клієнтське ПЗ – відповідає за можливість вибору і навігації.

Вихід:

- Історія змін – результат зробленого вибору.

У блоці А1.1 «перевірка облікового запису» відбувається авторизація користувача і перевірка його особистого кабінету в якому зберігаються записи про раніше проведені тести і їх результати, інформація з усіх пристроїв на яких проводилося тестування і варіантах навушників. рис. 4.4

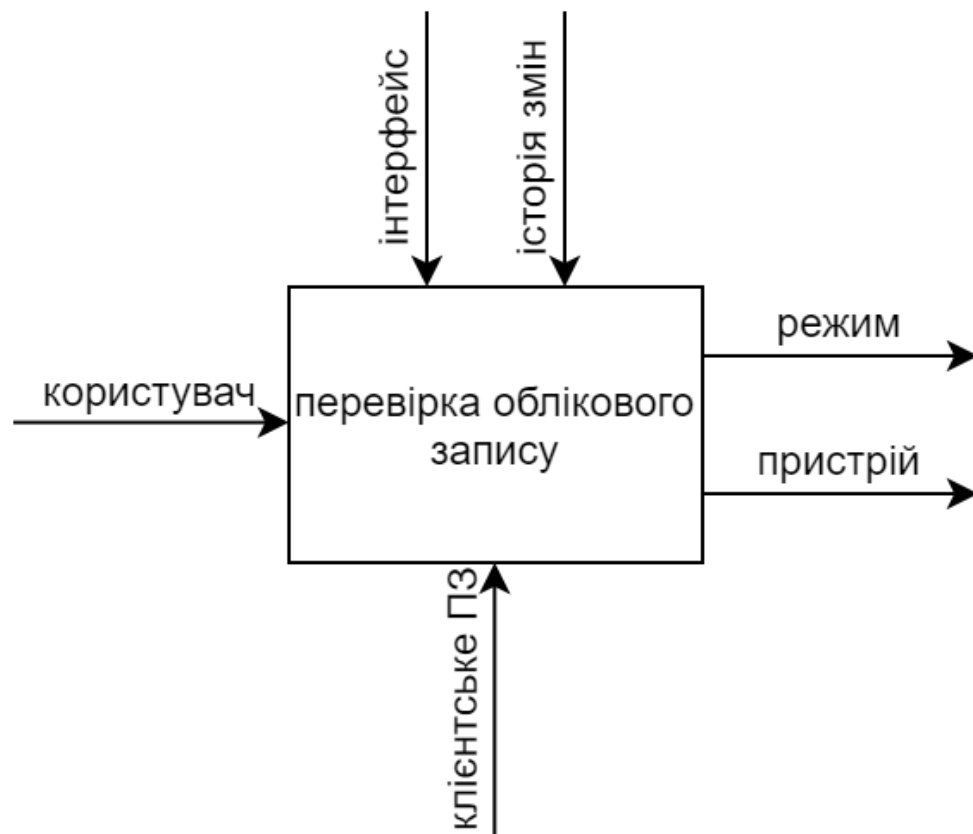


Рисунок 4.1.4 – Схема декомпозиції блоку А1.1 «перевірка облікового запису» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід:

- Користувач – інформація про користувача.

Керування:

- Інтерфейс – описує взаємодію з користувачем.
- Історія змін – дозволяє завантажити раніше записані налаштування.

Механізми:

- Клієнтське ПЗ – забезпечує можливість вибору і навігації.

Вихід:

- а) умови для блоку «вибір варіанту тестування» (внутрішні зв'язки між блоками)
- б) режим – результат «перевірки облікового запису» визначає параметри тестів:
 - 1) з корекцією або без;
 - 2) порівняння навушників.
- в) умови для блоку «коригування профілю пристрою» (внутрішні зв'язки між блоками)
- г) пристрій – результат «перевірки облікового запису» який визначає поточне обладнання користувача:
 - 1) поточний телефон / планшет / ПК зі свого списку;
 - 2) поточні навушники / гарнітуру зі свого списку.

У блоці A1.2 «коригування профілю пристрою» відбувається внесення змін до існуючих конфігурацій пристроїв (вибір пристрою з бази зберігається і поповнюється на сервері) Це важливо тому що у різних пристроїв можуть бути різні частотні характеристики. Так само в цьому блоці можна створити новий пристрій (смартфон \ планшет \ навушники). рис. 4.1.5

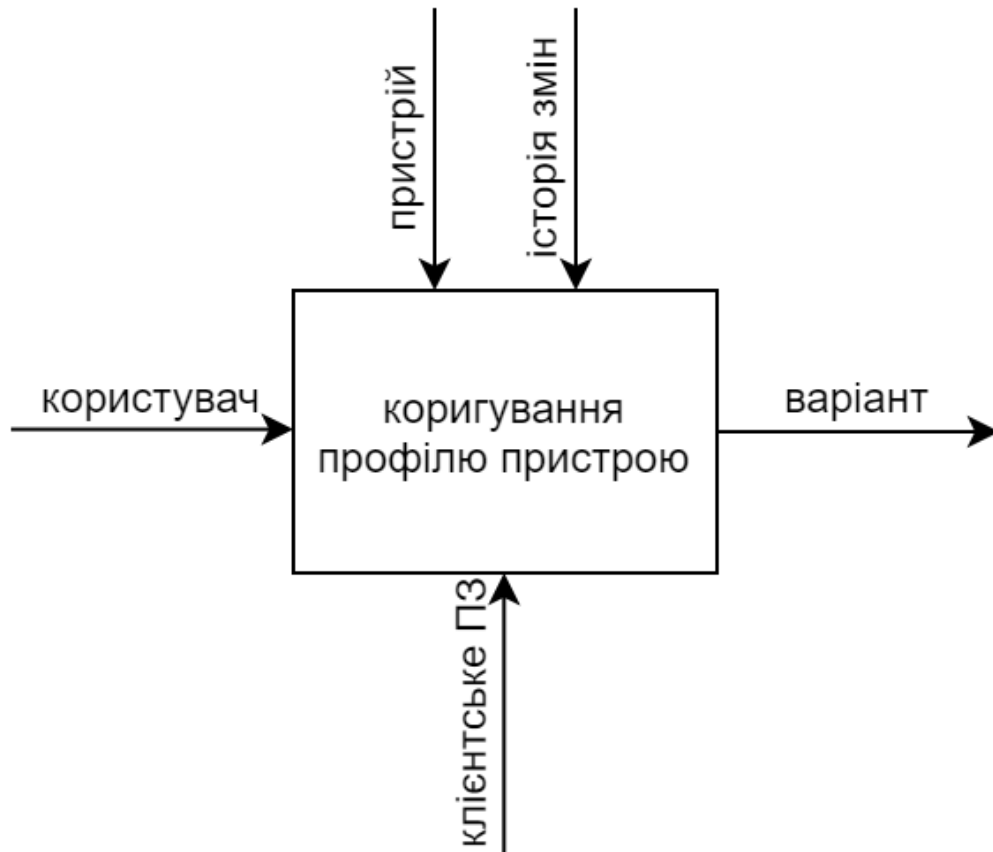


Рисунок 4.1.5 – Схема декомпозиції блоку А1.2 «коригування профілю пристрою» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід:

- користувач – інформація від фізичного користувача про його пристрої.

Керування:

- пристрій – список доступних пристроїв на яких можуть бути зроблені тести.
- Історія змін – що, коли і з яким результатом використовувалось.

Механізми:

- Клієнтське ПЗ – відповідає за можливість вибору і навігації.

Вихід:

- а) механізми для блоку «вибір варіанту тестування» (внутрішні зв'язки між блоками)
- б) варіант – уточнює набір предустановок в залежності від обраного пристрою і попередніх тестів:
- 1) обидва вуха або конкретне;
 - 2) швидкий / короткий тест;
 - 3) діапазон.

В блоці А1.3 «вибір варіанту тестування» - відбувається вибір конфігурації для наступного кроку. рис. 4.1.6

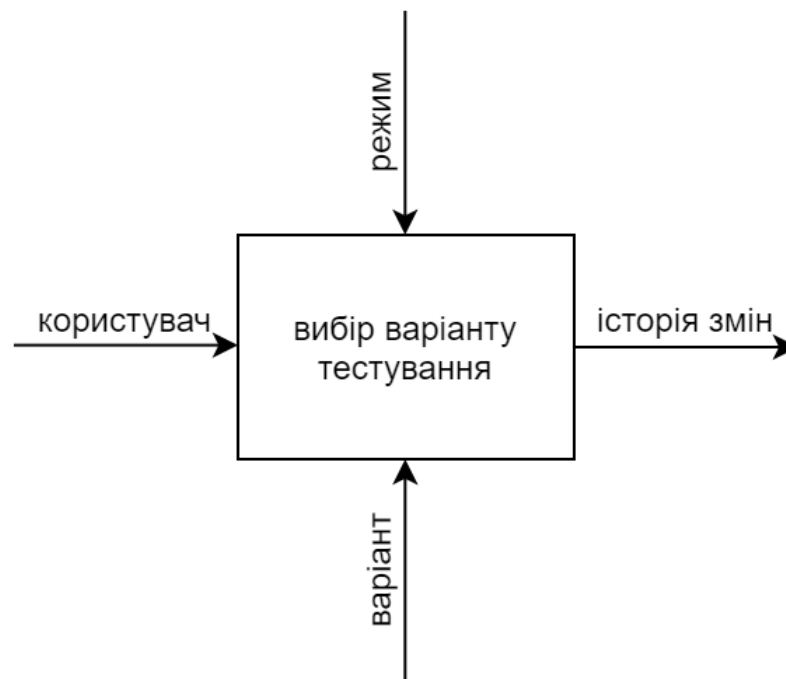


Рисунок 4.1.6 – Схема декомпозиції блоку А1.3 «вибір варіанту тестування» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід: інформація від фізичного користувача про його пристрої (тобто на вході користувач).

Керування: режим – дані з блоку «перевірка облікового запису»

Механізми: варіант – дані з блоку «коригування профілю пристрою»

Вихід: історія змін

Модуль В1 виконує функції генерації тестових частотних сигналів змінною амплітудою для різних вух, в залежності від попереднього профілю та зворотного зв'язку. рис. 4.7

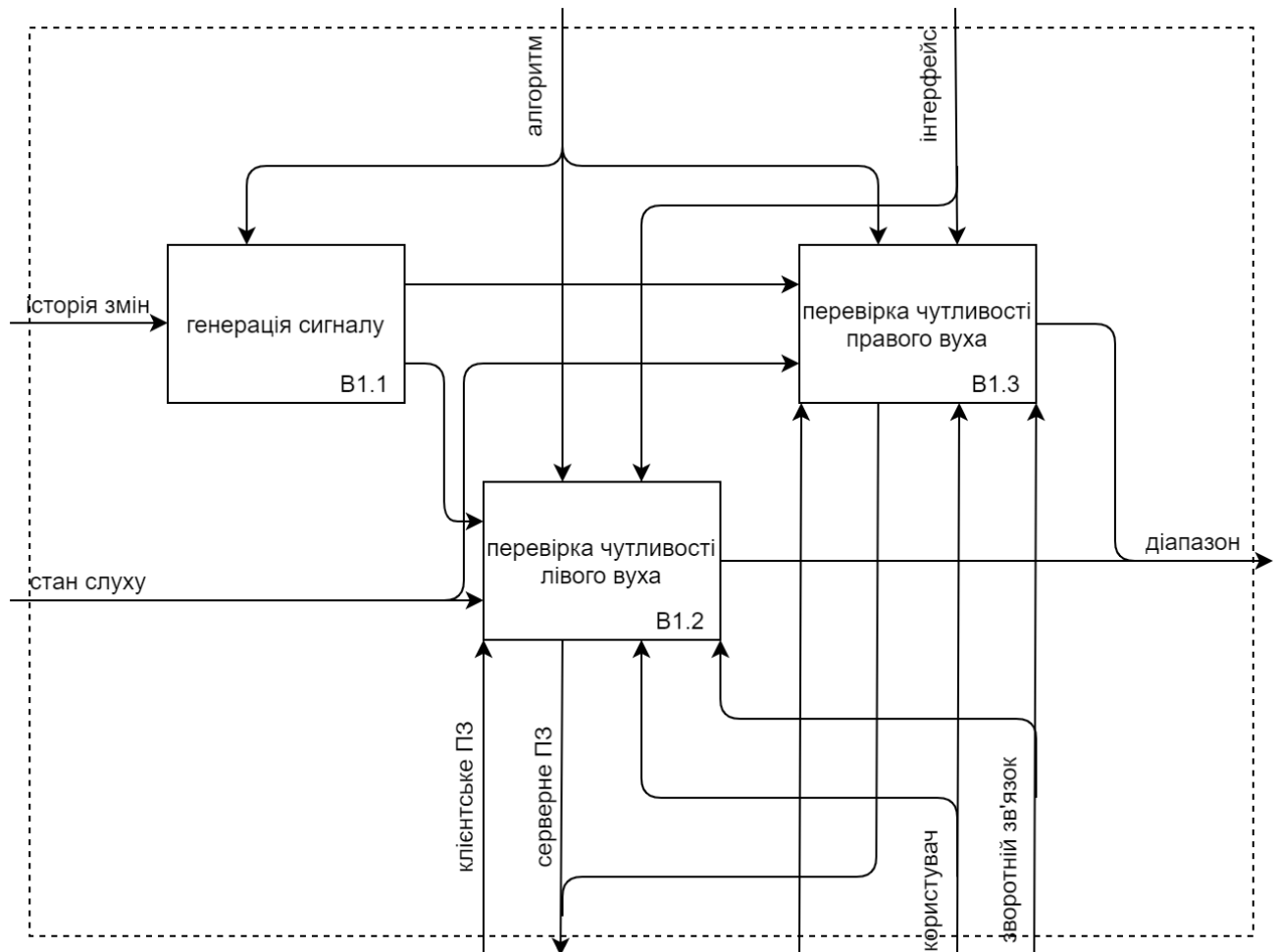


Рисунок 4.7 – Схема декомпозиції блоку В1 «коригування слуху» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід:

- історія змін - визначає з чого буде формуватися випробувальний сигнал.
- Стан слуху - реакція на поріг чутності випробувального сигналу.

Керування:

- Інтерфейс - описує доступ до даних особистого кабінету.

- Алгоритм - умови формування випробувального діапазону.

Механізми:

- Клієнтське ПЗ – відповідає за можливість вибору і навігації.
- Серверне ПЗ – відповідає за зв'язок із зовнішньою базою даних.
- Користувач – оператор який керує власним процесом тестування.
- Зворотній зв'язок – необхідний елемент корекції настройки слуху та перевірки якості настройки.

Вихід:

- Діапазон - амплітудно-частотна характеристика при якій користувач отримує якісне поліпшення слуху

У блоці В1.1 еталонних частотних сигналів відбувається збільшення амплітуди від -10 до 120 дБ, для того щоб в той момент коли користувач почне чути звук (по ВХОДУ "стан слуху") він міг дати команду для переходу до наступного тесту (по МЕХАНІЗМУ "користувач"). рис. 4.8

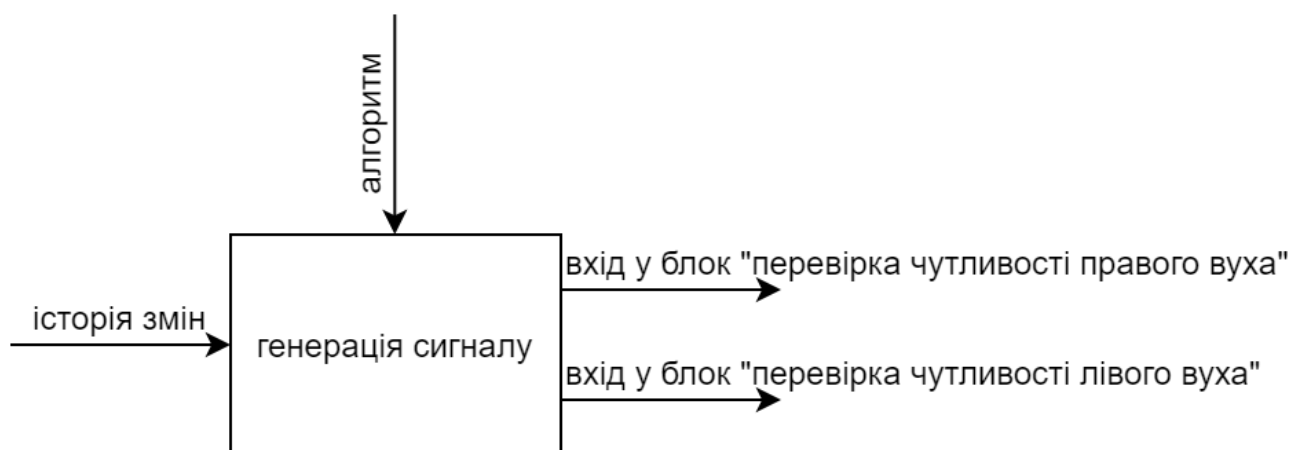


Рисунок 4.8 – Схема декомпозиції блоку В1.1 «генерація сигналу» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід:

- Історія змін - визначає з чого буде формуватися випробувальний сигнал.

Керування:

- Алгоритм - умови формування випробувального діапазону.

Механізми:

- зовнішні не використовуються. Тільки апаратні у вигляді частин мікроконтролера пристрою.

Вихід:

- вхід у блоки «перевірка чутливості правого вуха» та «перевірка чутливості лівого вуха» (внутрішні зв'язки між блоками), «НАБІР ЧАСТОТ» - результат визначає параметри тестів для двох вух

У блоці В1.2 «перевірка чутливості лівого вуха» відбувається порівняння сигналу який був згенерований з реально чутним, з урахуванням корекції атенюатора, з використанням в якості оператора самого користувача (самодіагностика). рис. 4.9

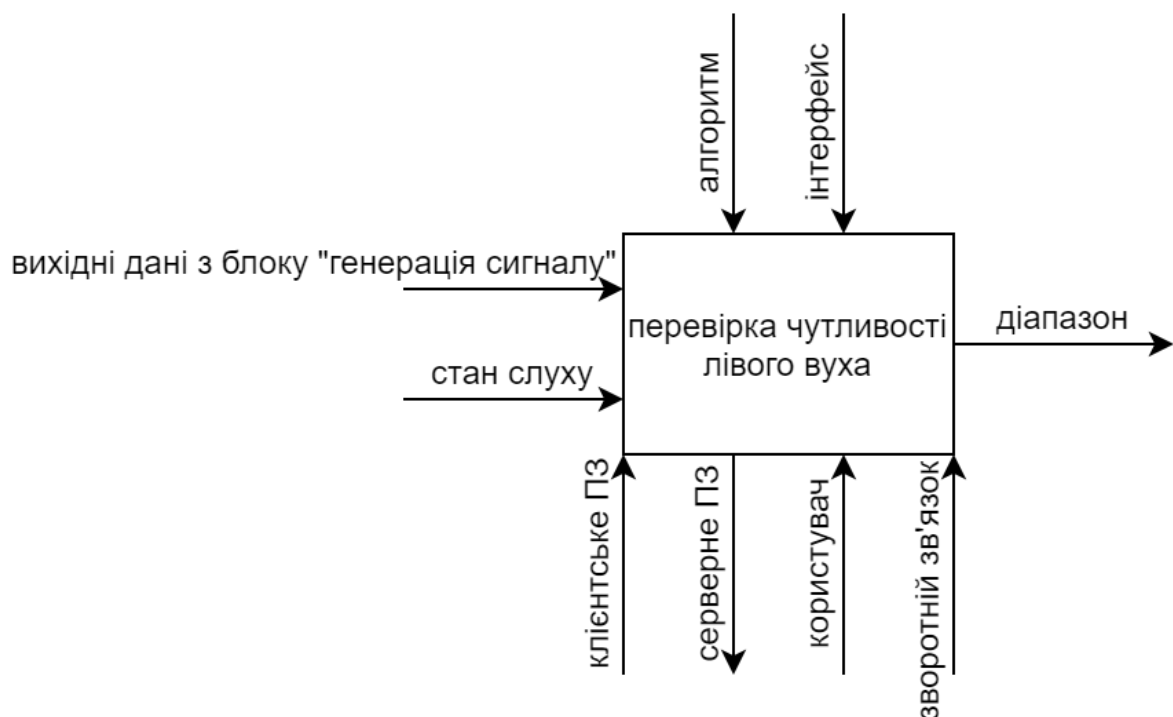


Рисунок 4.9 – Схема декомпозиції блоку В1.2 «перевірка чутливості лівого вуха» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід:

- вихідні дані з блоку «генерація сигналу».
- стан слуху - користувач в ролі детектора чутності випробувального сигналу.

Керування:

- алгоритм - визначальний з якою швидкістю змінюється інтенсивність амплітуди для конкретної частоти і які частоти відтворюються, а так само як потрібно скорегувати атенюатор в залежності від використовуваного обладнання ранніх тестів, і зворотного зв'язку користувача.
- інтерфейс - рамки в яких користувач може взаємодіяти в клієнтському ПЗ.

Механізми:

- клієнтське ПЗ - відповідає безпосередньо за виконання алгоритму.
- серверне ПЗ - при доступності зовнішньої БД зробить синхронізацію наявних даних з раніше накопиченими.
- користувач - безпосередньо фіксує кордон при якому сигнал став чутним.
- зворотній зв'язок - вносить корекцію в налаштування фільтрів і забезпечує якісну перевірку мінімізуючи похибки.

Вихід:

- діапазон - амплітудно-частотна характеристика при якій із застосуванням правильного налаштування фільтрів і атенюатора користувач отримує якісне поліпшення слуху.

У блоці В1.3 «перевірка чутливості правого вуха» відбувається порівняння сигналу який був згенерований з реально чутним, з урахуванням корекції атенюатора, з використанням в якості оператора самого користувача (самодіагностика). рис. 4.10



Рисунок 4.10 – Схема декомпозиції блоку В1.3 «перевірка чутливості правого вуха» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід:

- вихідні дані з блоку «генерація сигналу».
- стан слуху - користувач в ролі детектора чутності випробувального сигналу.

Керування:

- алгоритм - визначальний з якою швидкістю змінюється інтенсивність амплітуди для конкретної частоти і які частоти відтворюються, а так само як потрібно скорегувати атенюатор в залежності від використовуваного обладнання ранніх тестів, і зворотного зв'язку користувача.
- інтерфейс - рамки в яких користувач може взаємодіяти в клієнтським ПЗ.

Механізми:

- клієнтське ПЗ - відповідає безпосередньо за виконання алгоритму.

- серверне ПЗ - при доступності зовнішньої БД зробить синхронізацію наявних даних з раніше накопиченими.
- користувач - безпосередньо фіксує кордон при якому сигнал став чутним.
- зворотній зв'язок - вносить корекцію в налаштування фільтрів і забезпечує якісну перевірку мінімізуючи похибки.

Вихід:

- діапазон - амплітудно-частотна характеристика при якій із застосуванням правильного налаштування фільтрів і атенюатора користувач отримує якісне поліпшення слуху.

Модуль В1 виконує функції безпосереднього тестування, формуючи випробувальний сигнал для користувача. рис. 4.11

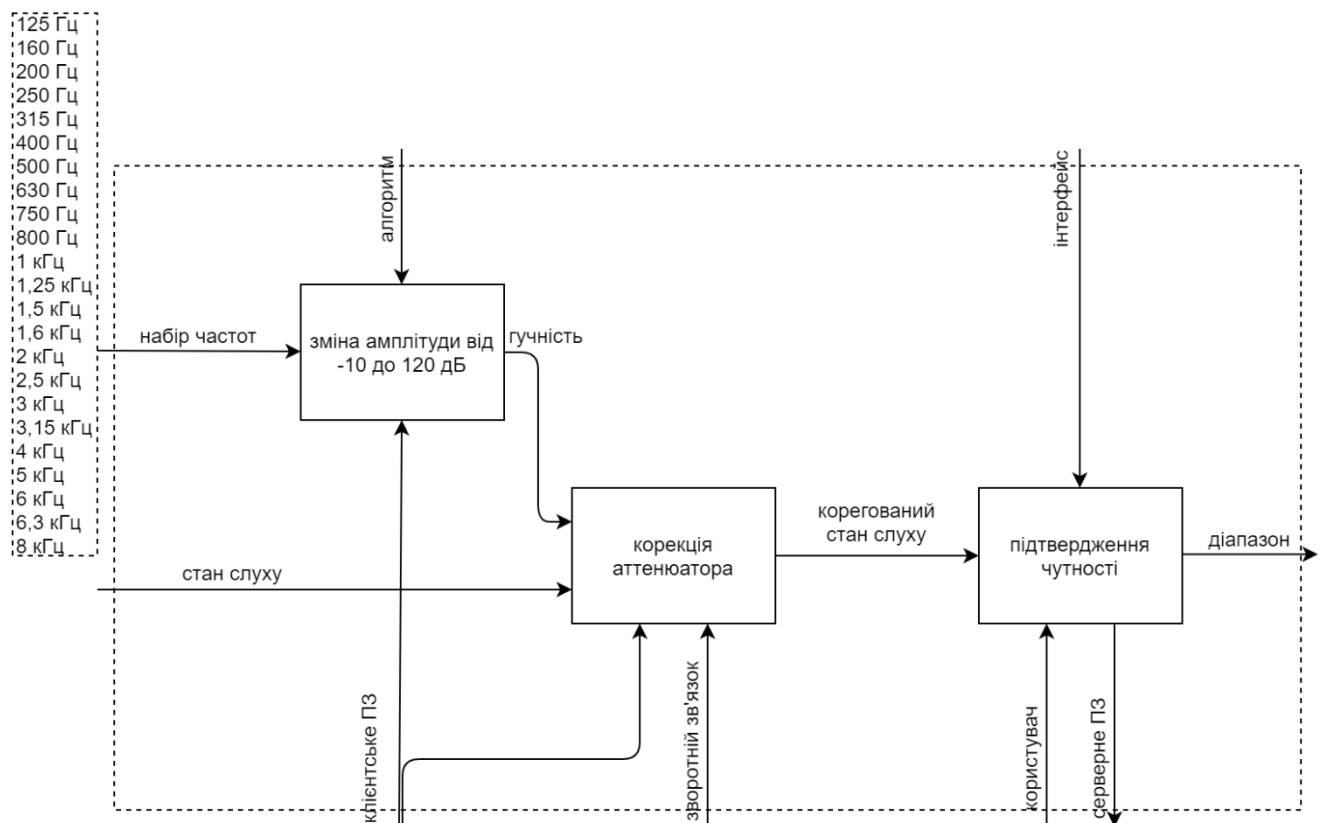


Рисунок 4.11 – Схема декомпозиції блоку В1 «перевірка чутливості вух» у нотації

IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід:

- набір частот – те що належить перевірити для конкретного випадку на конкретному обладнанні із застосуванням конкретних навушників.
- стан слуху – користувач в ролі детектора чутності випробувального сигналу.

Керування:

- алгоритм – рамки в яких для певних частот буде змінюватися амплітуда.
- інтерфейс – визначає яким чином буде відбуватися зворотній зв'язок з користувачем.

Механізм:

- клієнтське ПЗ – те що зумовить виконання алгоритму.
- серверне ПЗ – забезпечує синхронність даних на всіх пристроях.
- користувач – безпосередній детектор помічених змін.
- зворотний зв'язок – коректор параметрів під конкретний пристрій і навушники.

Вихід:

- діапазон – амплітудно-частотна характеристика при якій із застосуванням правильного налаштування фільтрів і атенюатора користувач отримує якісне поліпшення слуху

У блоці «зміна амплітуди від -10 до 120 дБ» з використанням алгоритму і набору частот відбувається формування амплітудно-частотної матриці. рис. 4.12

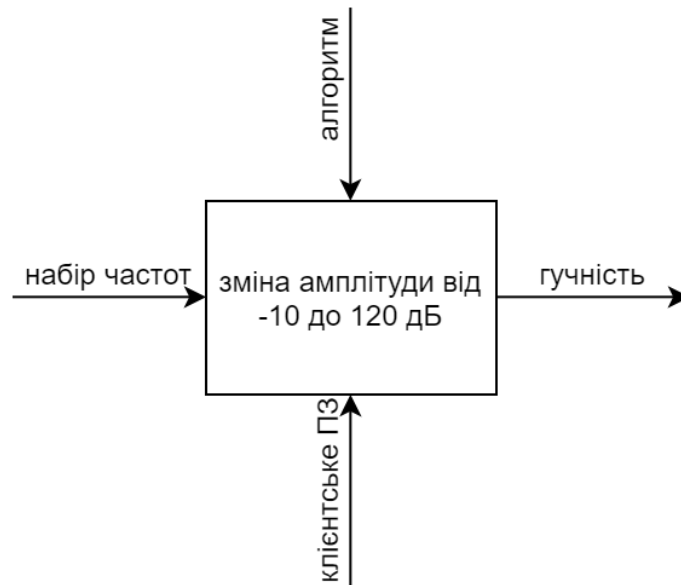


Рисунок 4.12 – Схема декомпозиції блоку «зміна амплітуди від -10 до 120 дБ» у нотації IDEF0

У блоці «корекція аттенюатора» з використанням амплітудно частотної матриці і на підставі користувача-детектора і зворотного зв'язку з С1.2 "бачу-чую" відбувається корекція фільтрів атенюаторів які забезпечують прийнятну АЧХ. рис. 4.13

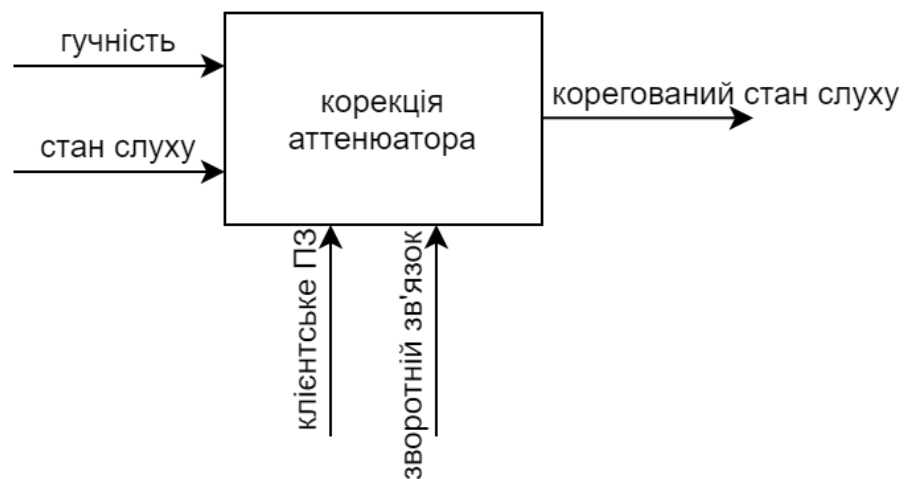


Рисунок 4.13 – Схема декомпозиції блоку «корекція аттенюатора» у нотації IDEF0

У блоці «підтвердження чутності» з використанням набору параметрів скоригованої АЧХ, користувач-оператор підтверджує якісну зміну яка може бути відправлена на сервер БД. рис. 4.14

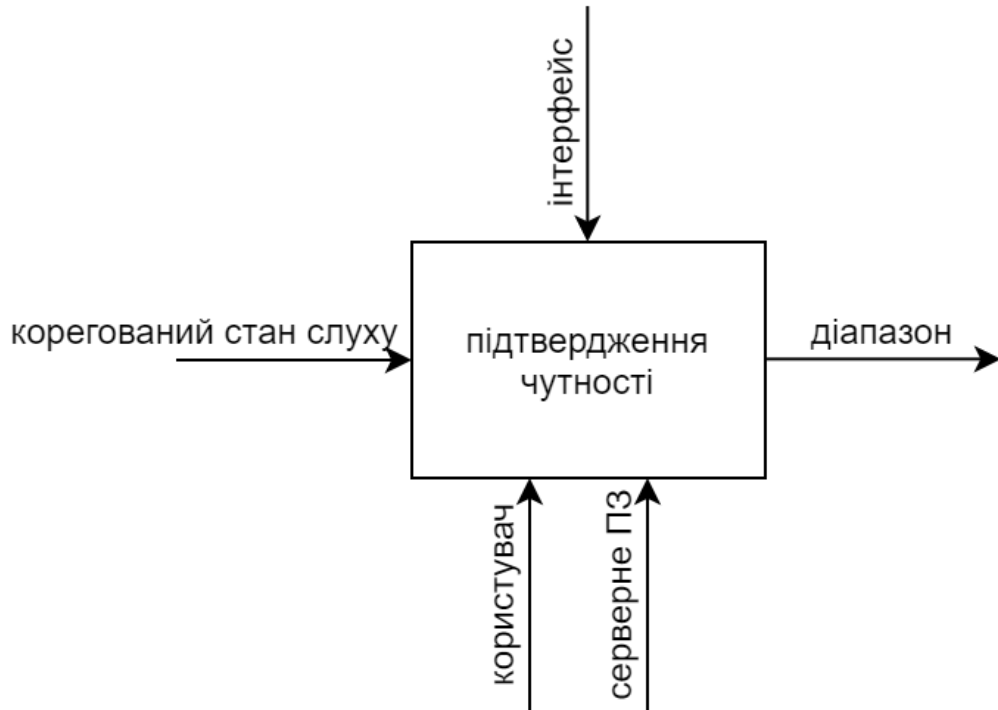


Рисунок 4.14 – Схема декомпозиції блоку «підтвердження чутності» у нотації IDEF0

Модуль С1 виконує функції корекції помилок при перевірці слуху і виведення результатів тестів у вигляді звичних медичних графіків, із зазначенням попереднього стану слуху без корекції, поточного, і з корекцією. рис. 4.15

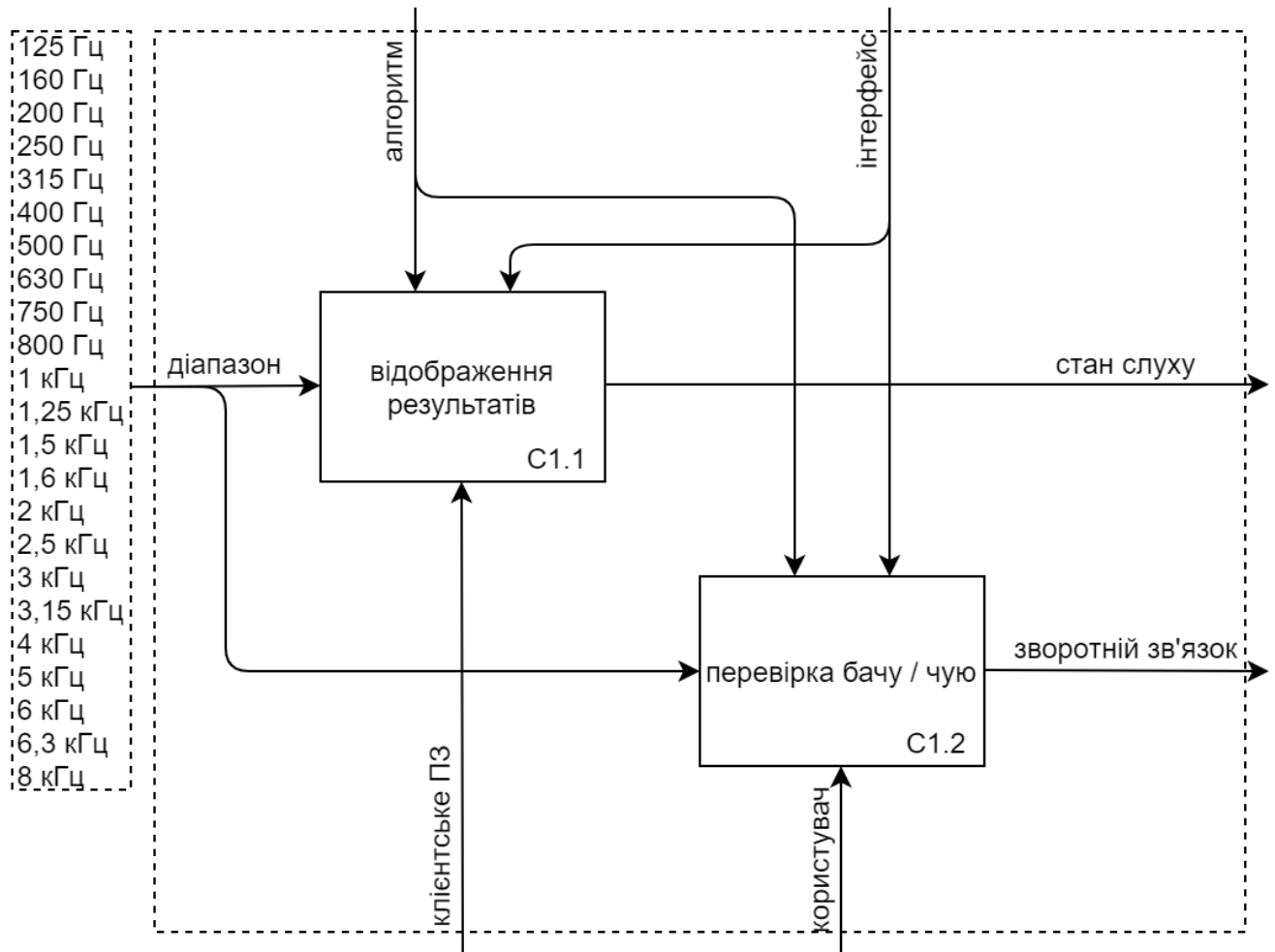


Рисунок 4.15 – Схема декомпозиції блоку «контроль якості та відображення результатів» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовується:

Вхід:

- діапазон – набір значень за якими проводиться візуалізація графіків і розрахунок корекції АЧХ.

Керування:

- алгоритм – визначає яким чином потрібно буде вносити корекцію.
- інтерфейс – визначає форми, представлено розклад і їх налаштування.

Механізм:

- клієнтське ПЗ - відповідає за реалізацію візуалізації.

- Користувач - оператор який керує власним процесом тестування.

Вихід:

- стан слуху – набір даних про те яким тепер є слух.
- зворотній зв'язок – те що буде еталоном для поточного МЕХАНІЗМУ корекції АЧХ в модулі «підтвердження чутності».

У блоці «відображення результатів» на підставі алгоритму і інтерфейсу відбувається візуалізація результату вимірювання стану слуху за допомогою клієнтського ПЗ. рис. 4.16

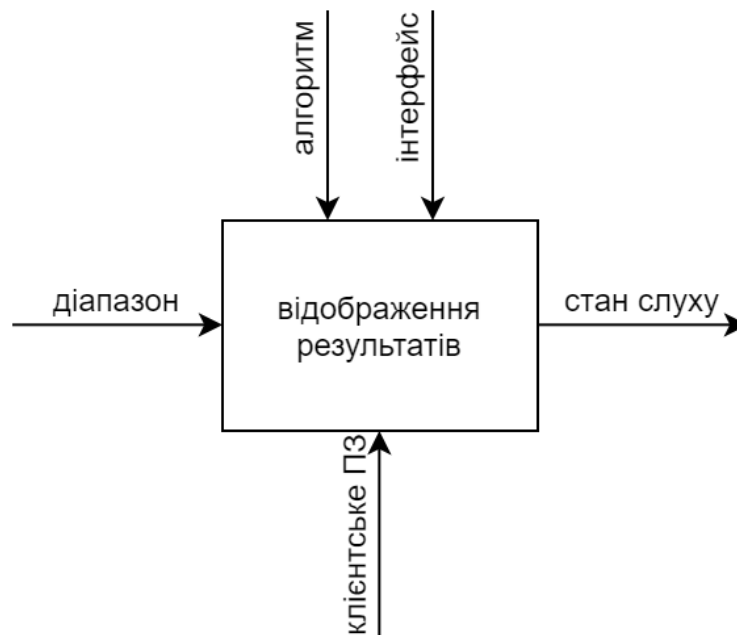


Рисунок 4.16 – Схема декомпозиції блоку «відображення результатів» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовуються:

Вхід:

- діапазон – раніше отриманий набір значень є результатом проведеного тестування.

Керування:

- алгоритм – умови формування корекцій на графіках.
- інтерфейс – задає висновок інформації на екран в конкретному поданні.

Механізм:

- клієнтське ПЗ – виконуваний код відображення синхронізації.

Вихід:

- стан слуху – результат корекції задовольняє користувача.

У блоці «перевірка бачу / чую» відбувається синхронізація отриманих результатів тестів з підтвердженими візуальними даними. рис. 4.17

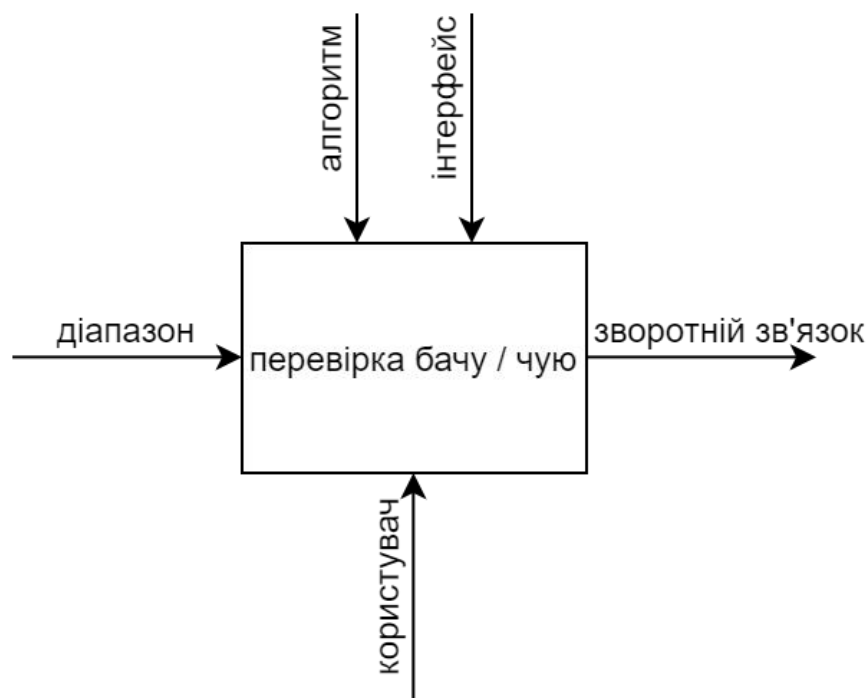


Рисунок 4.17 – Схема декомпозиції блоку «перевірка бачу / чую» у нотації IDEF0

Для роботи блоку використовуються:

Вхід:

- діапазон - раніше отриманий набір значень є результатом проведеного тестування.

Керування:

- алгоритм – виявляє відповідності візуальних і слухових даних.
- інтерфейс – рамки в яких користувач може взаємодіяти з клієнтським ПЗ.

Механізм:

- користувач – як суб'єкт реагує на зміни і оцінює їх.

Вихід:

- зворотній зв'язок – набір отриманих базових значень щодо яких буде коригуватися АЧХ.

4.2 Розробка моделі інтерфейсу користувача з екранною формою

Для закріплення і підтвердження гіпотези про те, що процес діагностики порушень слуху може бути оптимізований, була розроблена екранна форма. Основним завданням якої є оперативне проведення діагностики порога чутності випробуваного. рис. 4.18

Інтерфейс програми складається з мінімальні набору елементів управління.

У центральній частині знаходиться область відтворення аудіограми. Під нею розташовані кнопки що відповідають за відтворення звуку потрібної частоти. Праворуч від аудіограми розташовані два регулятора гучності сигналу. Для лівого і правого каналу відповідно. Регулювання гучності роздільна. Для більш точного позиціонування регуляторів, передбачений перемикач діапазону шкали. При $\times 10$ діапазон регулювання 0..100 змінюється на ± 5 щодо поточного значення.

Повернення в початковий діапазон відбувається автоматично при виборі нової частоти відтворення. У верхній частині вікна розташовані:

- поле для введення ПІБ клієнта;
- кнопки інтерфейсу збереження;
- завантаження аудіограми;

- очищення аудіограми.

Для простоти і зручності управління і сприйняття частотна шкала обрана лінійна замість логарифмічної.

Екранна форма містить в собі набір з 23 базових частоти на яких проводиться тональна аудіометрія (виділені червоним).

Відповідні трекбари для налаштування рівня відтворюваного сигналу, його гучності, та аттенюації – плавного збільшення/зменшення, регулювання гучності сигналу (виділені синім).

Поле для графіку який будується для кожної частоти і відповідного вуха, лівого або правого чи обох одразу (виділений зеленим)

ТулСтріп який відповідає за такі налаштування як: (виділений фіолетовим)

- поле для введення ПІБ випробуваного;
- створення файлу;
- збереження файлу;
- завантаження файлу.

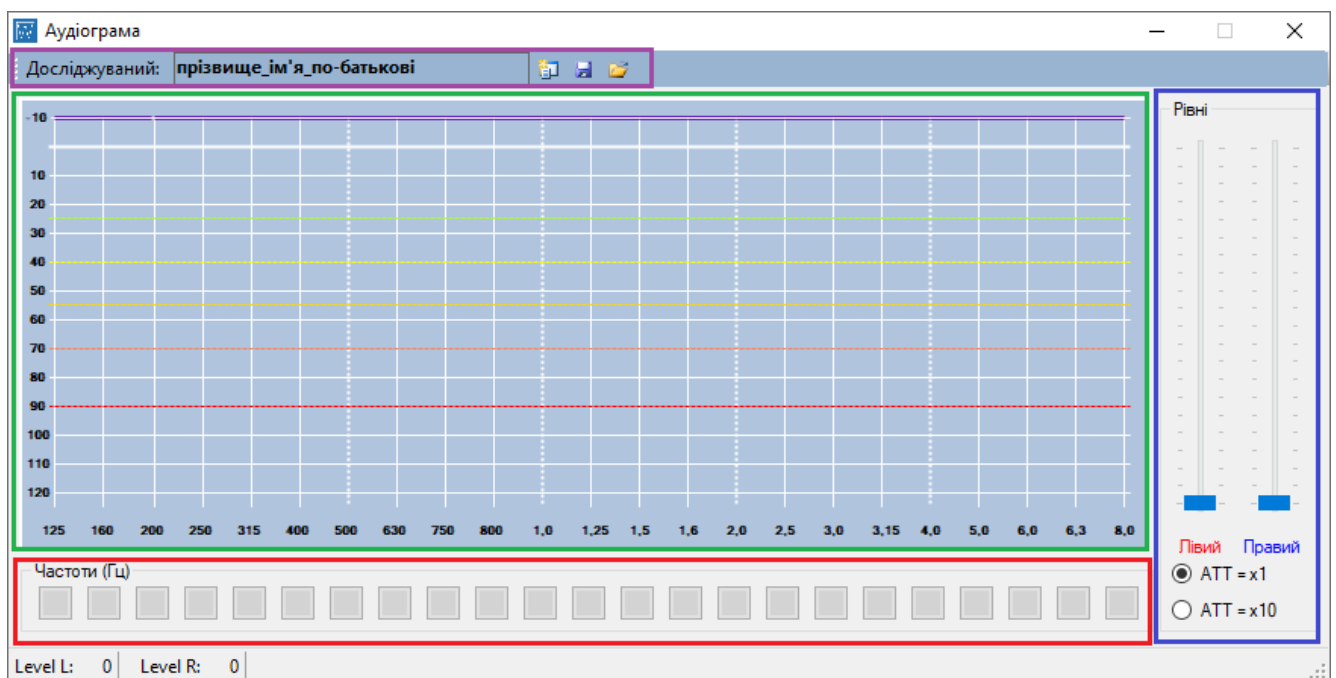


Рисунок 4.18 – Початковий стан екранної форми "Аудіограма"

Після введення імені досліджуваного, програма готова до використання. Включати кнопки відтворення частоти можна в довільному порядку. Після включення необхідно скористатися регуляторами гучності, піднімаючи їх до тих пір, поки звук не стане чутним. Одночасно з регулюванням сили сигналу, в полі аудіограми, будуть відбуватися зміни графіку. Регулювання лівого каналу призведе до зміни форми червоної лінії, а правого відповідно синьою. При переході на регулювання іншого каналу, попередній автоматично аттенюється. Зміна форми кривої аудіограми відбувається тільки для місця обраної частоти. Одна і та ж частота може бути перевірена багаторазово. Тобто формуючи аудіограму, можна повертатися до раніше вже натиснутих кнопок відтворення частоти для уточнюючих вимірів.

Випробуваний по черзі відтворює кожну частоту, починаючи від 125 Гц і закінчуючи 8 кГц. при цьому, під час відтворення проводиться регулювання рівнів інтенсивності відтвореного сигналу, від -10 до 120 за шкалою децибел. (виділено червоним)

До тих пір поки випробуваний не почне чути відтворюваний сигнал.

Після проходження всіх частотних тестів, крива аудіограми буде виглядати приблизно так, як показано на наступному рисунку. рис. 4.19

Після чого проводиться завершення процесу і фіксація показників з виведенням результатів проходження аудіометрії у вигляді графіка. (виділено зеленим).

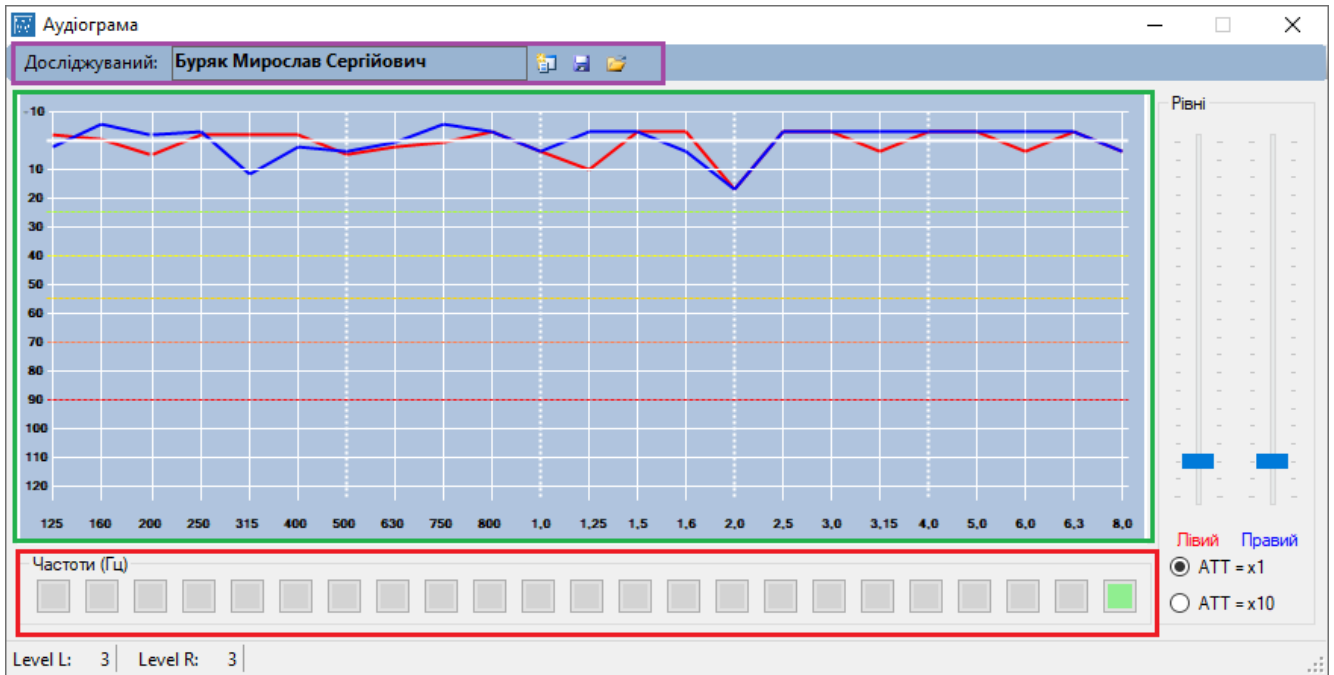


Рисунок 4.19 – Завершення процесу перевірки слуху користувачем

Для збереження аудіограми досліджуваного необхідно натиснути відповідну кнопку. Файл буде сформовано автоматично і буде містити поточну дату і час дослідження, і ім'я випробуваного, з поля, введеного перед початком тестування. У діалоговому вікні можна вибрати місце для збереження аудіограми. Таким чином, для випробуваного з одним і тим же ім'ям може зберігатися цілий набір аудіограм. Після вибору місця збереження і підтвердження операції з'явиться відповідь програми про те, що процедура збереження виконана успішно. При відмові в діалозі збереження, ніякі зміни не будуть збережені.

Результати проходження тестування можна зберегти для подальшого використання та інтерпретації. (виділено фіолетовим). рис. 4.20

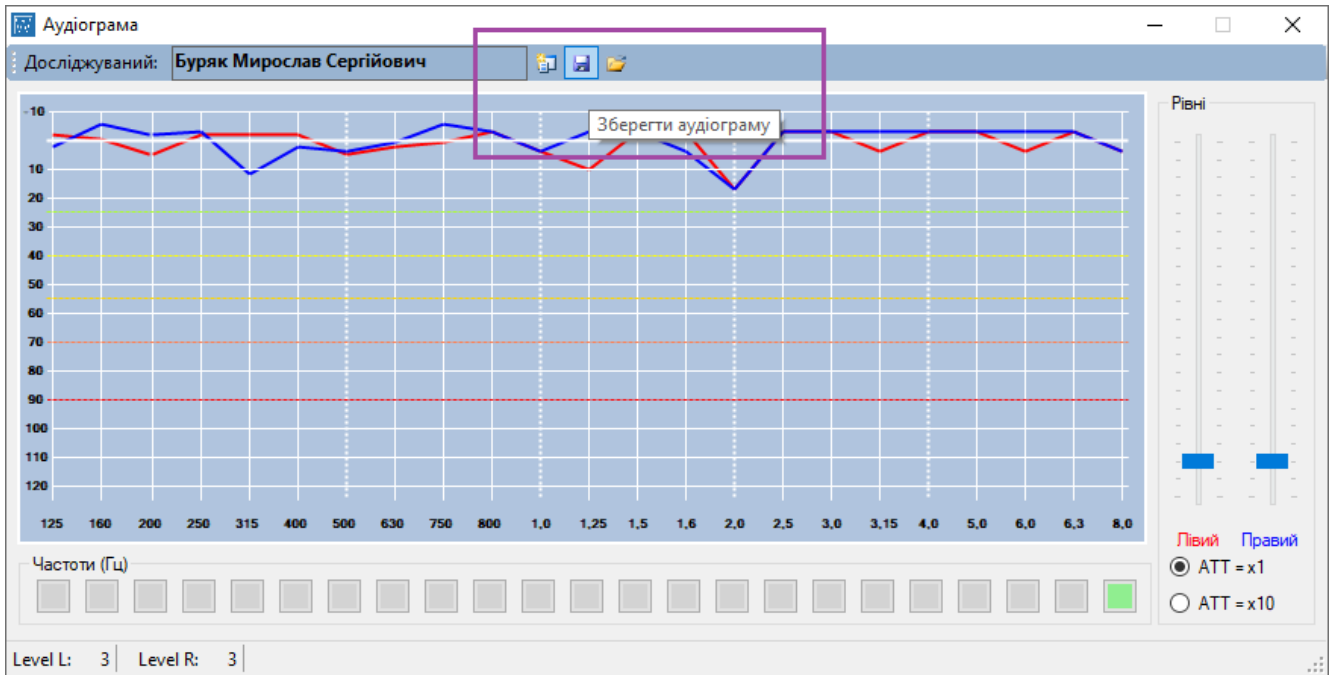


Рисунок 4.20 – Збереження результатів тестування

Під час збереження результатів, на виході формується файл з розширення .aud, часом, датою завершення тестування і ПІБ випробуваного (виділено жовтим).
рис. 4.21

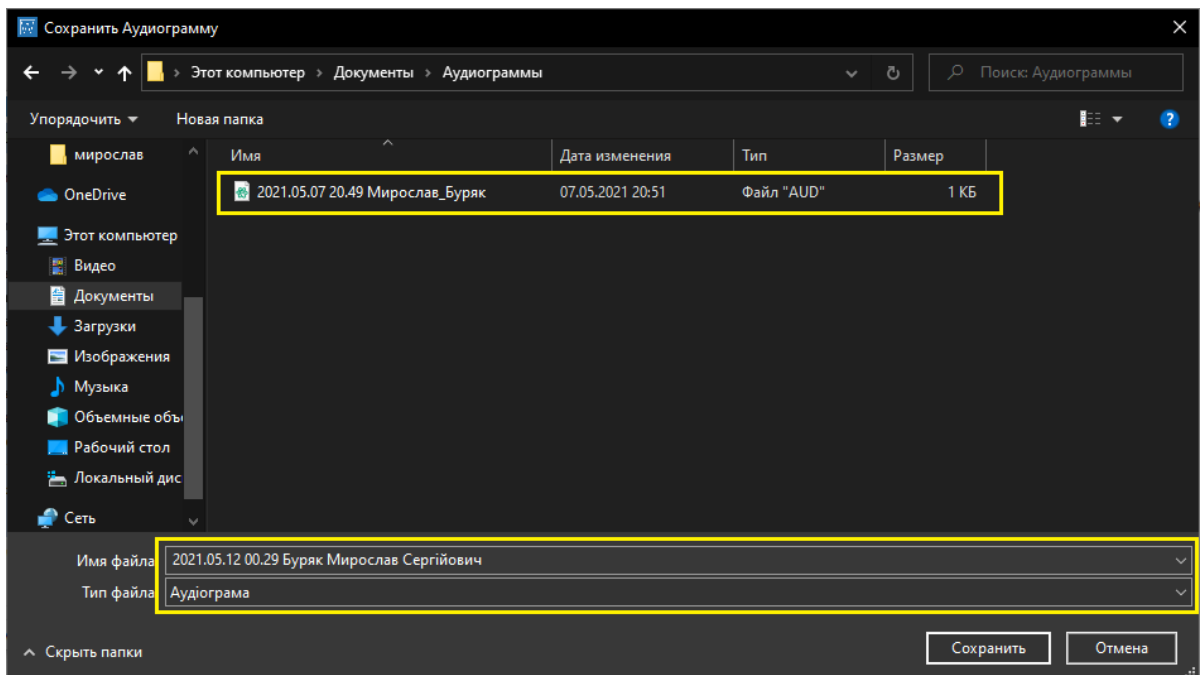


Рисунок 4.21 – Формування вихідного файлу із розширенням .aud

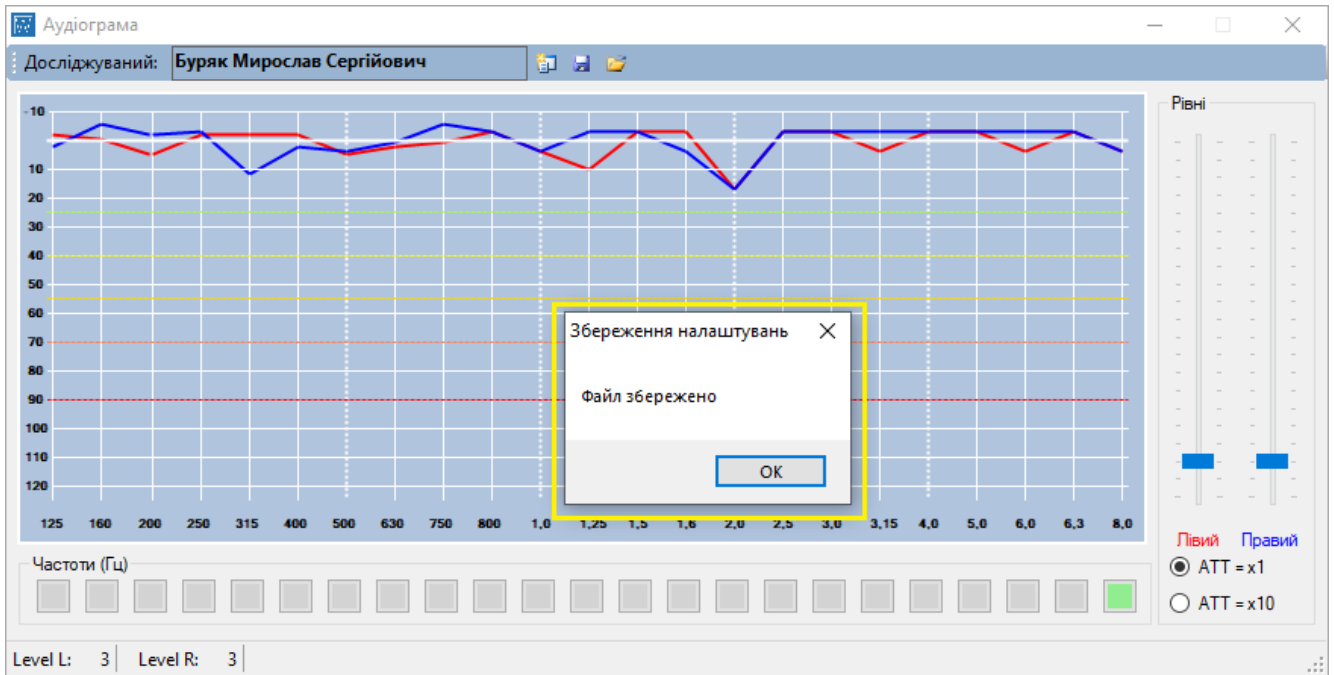


Рисунок 4.22 – Повідомлення про успішне збереження файлу

Для того щоб створити нову аудіограму, існує відповідна кнопка на панелі інструментів. Результатом її натискання буде приведення аудіограми до значення 0. Тобто все посилення для різних частот яке існували до моменту натискання, будуть обнулені, і аудіограма прийме вигляд прямої лінії, для обох каналів. Лівого і правого. Разом з цим відбудеться очищення масиву який зберігає налаштування посилень. Про це програма повідомить спливаючим вікном такого змісту "Значення скинуті".

Проходження тестування можливо проводити необмежену кількість разів, для цього передбачена функція скидання поточних значень і виклику повторного проходження тестування (виділено фіолетовим). рис. 4.22

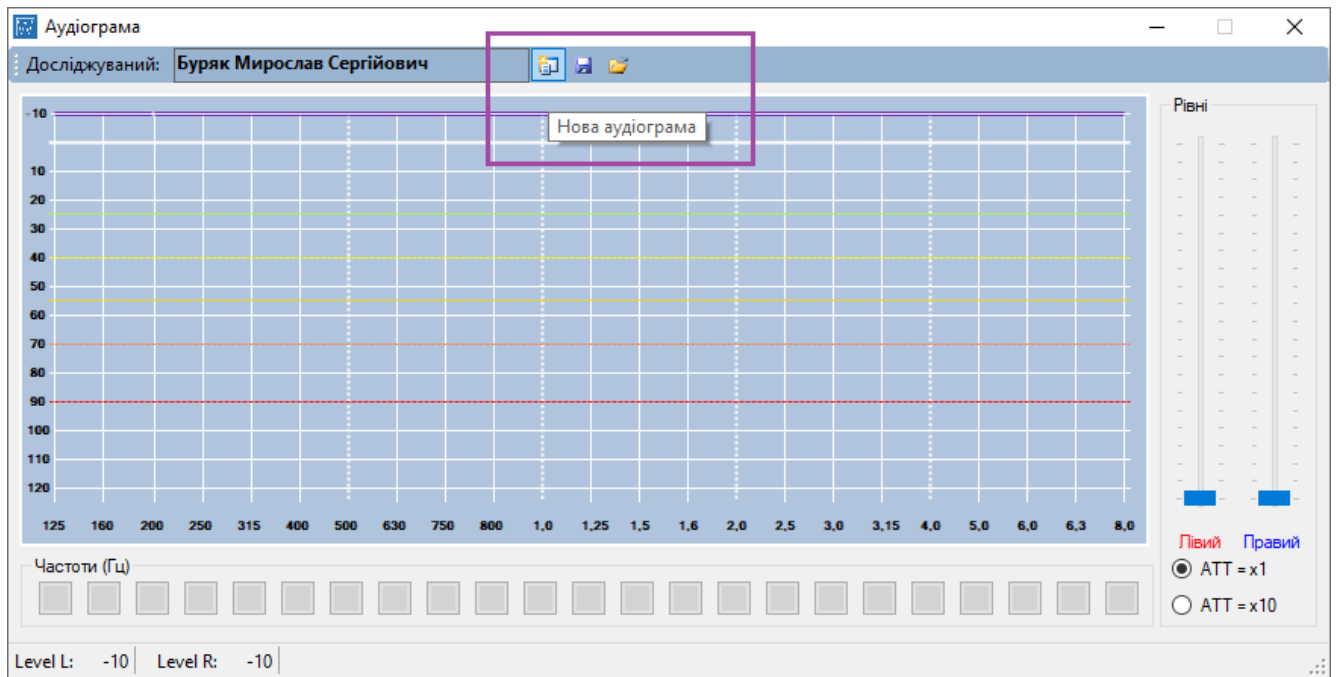


Рисунок 4.22 – Скидання поточних налаштувань кнопкою «нова аудіограма»

Для завантаження раніше збережених аудіограм користувачів, існує відповідна кнопка на панелі інструментів. Попередньо введене ім'я досліджуваного, у відповідне поле, стане частиною фільтра діалогового вікна завантаження аудіограм. І будуть відображені тільки ті аудіограми, які відносяться до досліджуваного. Це дозволяє відкривати раніше збережені тести для аналізу і визначення динаміки зміни слуху як в одну так і в іншу сторону.

Якщо виникає необхідність перегляду попередніх результатів тестування (якщо раніше тестування проводилося), для цього передбачена можливість завантаження попередньо збережених результатів тестування. При цьому буде відтворено точний графік як під час збереження результатів. (виділено фіолетовим). рис. 4.24

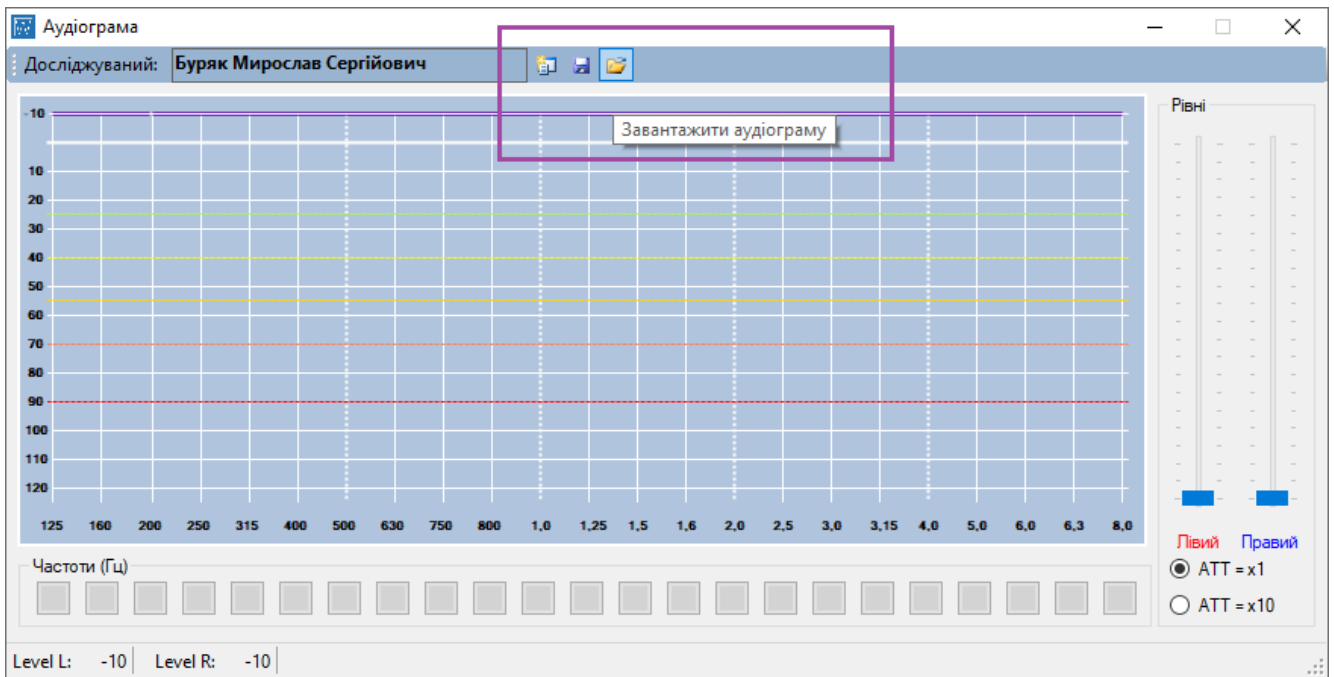


Рисунок 4.24 – Завантаження попередньо збережених результатів тестування кнопкою «завантажити аудіограму»

Хочу також відзначити, що завантаження проводиться відповідно до введених ПІБ, якщо виникне необхідність у завантаженні результатів тестування іншого випробуваного (дані якого раніше не були збережені), при відображенні результатів буде виведено повідомлення про те, що "немає елементів які задовольняють умовам пошуку" (виділені жовтим). рис. 4.25

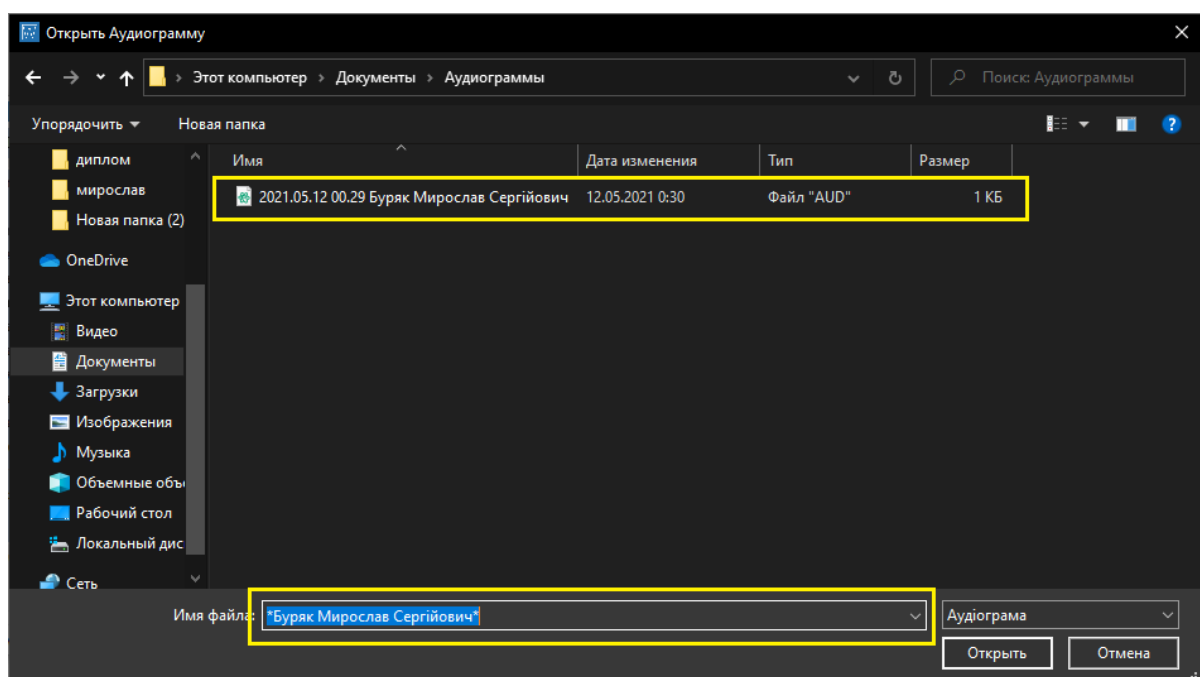


Рисунок 4.25 – Завантаження результатів відповідно до введених ПІБ

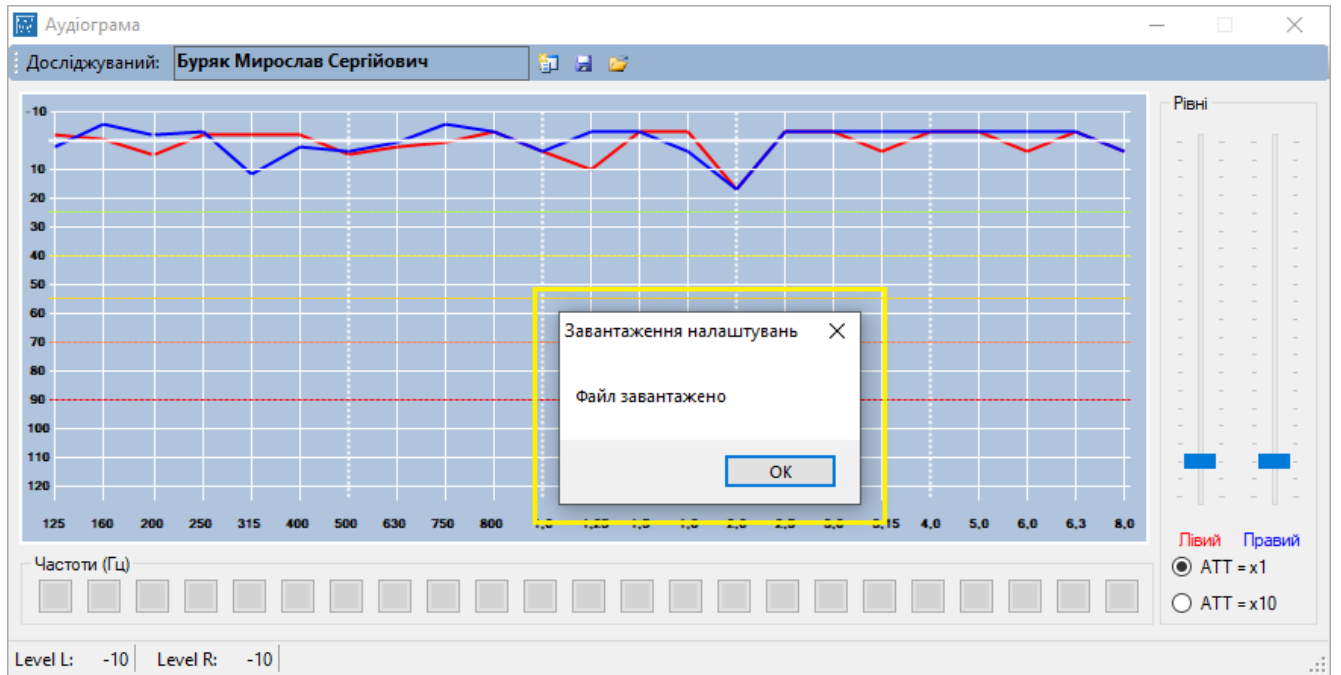


Рисунок 4.26 – Повідомлення про успішне завантаження файлу

ВИСНОВКИ

Детальне, системне, і предметне вивчення поставленого в роботі питання показало, що в даний момент переважна більшість організацій, так чи інакше пов'язаних з діяльністю надання медичних послуг з аналізу і корекції звукового ряду у пацієнтів які мають скарги і проблеми зі слухом, знаходиться в неефективному стані. Практично не оптимізовані і не автоматизовані як весь процес в цілому, так і окремі його етапи.

Відсутні налагоджені методики та інструменти які дозволяють об'єднати розрізнені процеси. Облік в основному ведеться для отримання формальної звітності перед фіскальними органами. Немає системного медичного обліку та подальшого аналізу, з метою нарощування процесу поліпшень.

Стає очевидним, що для вирішення завдання роботи, в цій предметній області, зміни повинні відбуватися через синхронізацію всіх учасників і складових частин процесу, включаючи впровадження повної автоматизації як на ділянках так і в цілому і для збору всієї інформації, що накопичується про випробовуваних і їх стан, прогрес / регрес, в загальну єдину базу даних. Разом з цим, буде не зайвим, розробити і підготувати рекомендований до слідування бізнес-процес, яким будуть керуватися всі учасники що виконують медичне обслуговування випробовуваних. Однаковість кроків дозволить в перспективі точково і системно впливати на процес, змінюючи його на краще.

Отримані попередні результати моделювань поліпшеного процесу корекції звукового ряду, підтверджують доцільність застосування рекомендованих змін. Однак варто зауважити, що такі значні показники пов'язані в основному з тим, що між існуючим станом справ і пропонованим нововведенням існує великий розрив. Переважно у зрізі автоматизації. методичне накопичення матеріалу для подальшого дослідження, після впровадження пропонованих змін безсумнівно покаже додаткові місця для поліпшень. Але всі подальші зміни і поліпшення будуть вже носити точковий характер.

Узагальнюючи результати проведених досліджень, і моделювання оптимізації, буде виправданим впровадження загальної бази даних обліку пацієнтів/користувачів, їх поточного стану, результатів досліджень, статистики зміни стану, рекомендацій щодо поліпшень. Напрацювання розробленої архітектури функціонування програмного комплексу для діагностики і корекції порушень слуху у поєднанні з централізованою базою даних можуть бути використані в подальшому при розробці вже готових рішень у вигляді програмно-апаратних комплексів для діагностики і корекції порушень слуху.