

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет програмної інженерії та бізнесу

Кафедра інженерії програмного забезпечення

Пояснювальна записка до дипломного проекту

магістра
(освітній ступінь)

на тему «Інформаційна технологія конфігурування акустичних систем студій
звукозапису»

ХАІ.603.667п1.121.156346.200

Виконав: студент б курсу групи №667п1
Спеціальність 121 – Інженерія програмного
забезпечення

(код та найменування)

Освітня програма Хмарні обчислення та
Інтернет речей

(найменування)

Петренко Д.С.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: Манжос Ю.С.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: Мартовицький В.О.

(прізвище й ініціали)

Міністерство світи і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет програмної інженерії та бізнесу
(повне найменування)

Кафедра інженерії програмного забезпечення
(повне найменування)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 121 – інженерія програмного забезпечення
(код та найменування)

Освітня програма хмарні обчислення та Інтернет речей
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

І.Б. Туркін

(підпис)

(ініціали та прізвище)

“ ”

2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Петренку Дмитру Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломного проекту Інформаційна технологія конфігурування акустичних систем студій звукозапису

керівник дипломного проекту Манжос Юрій Семенович, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № _____ від “ ” _____ 2020 року

2. Термін подання студентом проекту 26.11.2020

3. Вихідні дані до проекту виконати аналіз проблем конфігурування акустичних систем студійних приміщень, розробити прототип інформаційної технології для вирішення покращення процесу конфігурування акустичних систем студійних приміщень

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити Провести аналіз існуючих проблем конфігурування акустичних систем у студіях звукозапису. Провести аналіз існуючих методів та рішень для конфігурування акустичних систем у студіях звукозапису.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Манжос Ю.С., Доц. Каф. 603		
2	Манжос Ю.С., Доц. Каф. 603		
3	Манжос Ю.С., Доц. Каф. 603		

Нормоконтроль _____ В.А. Постернакова «__» _____ 20__ р.
 (підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання «02» _____ 09 _____ 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз проблемної області та постановка завдання	24.12.2019	
2	Моделі і методи конфігурування акустичних систем студій звукозапису	26.05.2020	
3	Розробка прототипу ПЗ	15.11.2020	
4	Оформлювання пояснювальної записки до дипломного проекту	15.11.2020 – 01.12.2020	
5	Предзахист дипломного проекту	26.11.2020	
6	Захист дипломного проекту	07.12.2020	

Студент _____ Петренко Д.С.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Манжос Ю.С.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту магістра: 70 сторінок, 29 рисунків, 5 таблиць, 30 посилань на літературні джерела.

Технологія конфігурування звукових систем студійних приміщень на сьогоднішній день – потенційно перспективний напрямок в ІТ-сфері. Наразі існує небагато наукових доробків на цю тему, але її подальше вивчення може суттєво змінити хід розвитку студій у цілому.

Рішення проблеми автоматизації розрахунків правильної конфігурації аудіо систем у студійних приміщеннях спростить та здешевить процес їх облаштування. Використовувати такий продукт зможуть не тільки професіонали, а й аматори у сфері звукової інженерії.

Метою дипломного проекту є полегшення роботи звукового інженера під час облаштування студійного приміщення шляхом автоматичних розрахунків показників конфігурації акустичних систем.

Об'єкт дослідження – технології конфігурування акустичних систем студійних приміщень.

Предмет дослідження – методи конфігурування акустичних систем, звукоізоляція приміщень та її види, реверберація та методи її розрахунку, звукова хвиля, моди і резонанси.

Рішення завдання автоматизації конфігурування акустичних систем дозволить вивести процес створення власної студії звукозапису на новий рівень доступності.

АКУСТИЧНІ СИСТЕМИ, СТУДІЯ ЗВУКОЗАПИСУ, ЗВУКОІЗОЛЯЦІЯ, РЕВЕРБЕРАЦІЯ, МОДИ, РЕЗОНАНСИ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка к дипломному проекту магистра: 70 страниц, 29 рисунков, 5 таблиц, 30 ссылок на литературные источники.

Технология конфигурирования звуковых систем студийных помещений на сегодняшний день - потенциально перспективное направление в IT-сфере. Сейчас существует немного научных произведений на эту тему, но ее дальнейшее изучение может существенно изменить ход развития студий в целом.

Решение проблемы автоматизации расчетов правильной конфигурации аудио систем в студийных помещениях упростит и удешевит процесс их обустройства. Использовать такой продукт смогут не только профессионалы, но и любители в области звуковой инженерии.

Целью дипломного проекта является облегчение работы звукового инженера при обустройстве студийного помещения путем автоматических расчетов показателей конфигурации акустических систем. Объект исследования - технологии конфигурирования акустических систем студийных помещений.

Предмет исследования - методы конфигурирования акустических систем, звукоизоляция помещений и ее виды, реверберация и методы ее расчета, звуковая волна, моды и резонансы.

Решение задачи автоматизации конфигурирования акустических систем позволит вывести процесс создания собственной студии звукозаписи на новый уровень доступности.

АКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, СТУДИЯ ЗВУКОЗАПИСИ, ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ, РЕВЕРБЕРАЦИЯ, МОДЫ, РЕЗОНАНСЫ

ABSTRACT

Master's thesis: 70 pages, 29 drawings, 5 tables, 30 references to literary sources.

Today the technology of configuration of sound systems in the studio premises is a promising direction in IT-sphere. Now there are few scientific works on this topic, but its further study can significantly change the course of development of the studios as a whole.

Solving the problem of automating the calculations of the correct configuration of audio systems in the studio premises will simplify and reduce the cost of their arrangement. Not only professionals, but also amateurs in the field of sound engineering will be able to use such a product.

The aim of the diploma project is to facilitate the work of a sound engineer in the arrangement of the studio premises by means of automatic acoustic systems configuration indicators' calculations. The object of research is technologies of acoustic systems configuration in the studio premises.

Subject of research - configuration of acoustic systems methods, premises sound insulation and its types, reverberation and methods of its calculation, sound wave, modes and resonances.

The solution of automating the acoustic systems configuration task will bring the process of creating your own sound recording studio to a new level of accessibility.

ACOUSTIC SYSTEMS, RECORDING STUDIO, SOUND INSULATION, REVERBERATION, MODES, RESONANCES

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	12
1.1 Аналіз проблеми конфігурування акустичних систем студійних приміщень	12
1.1.1 Огляд програмно-апаратних рішень для конфігурування акустичних систем у студіях звукозапису	12
1.1.2 Аналіз наукових публікацій з вирішення проблеми конфігурування акустичних систем студійних приміщень	13
1.2 Аналіз існуючих методів та моделей налаштування акустичних систем у студіях звукозапису	14
1.2.1 Теоретичні основи конфігурування звуку	15
1.2.2 Методи зміни реверберації	26
1.3 Висновки з розділу 1	29
2 МОДЕЛІ І МЕТОДИ КОНФІГУРУВАННЯ АКУСТИЧНИХ СИСТЕМ	30
2.1 Дослідження методів конфігурації акустики у приміщенні	30
2.1.1 Цифрове калібрування звукового сигналу	32
2.1.2 Методи цифрового калібрування аудіо систем	33
2.2 Методи геометричного конфігурування приміщень	34
2.3 Висновки за розділом 2	42
3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОТОТИПУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КОНФІГУРУВАННЯ АКУСТИЧНИХ СИСТЕМ СТУДІЙ ЗВУКОЗАПISУ	43
3.1 Ціль та задачі розроблення прототипу програмного забезпечення 43	43
3.2 Аналіз вимог до прототипу ПЗ	44
3.2.1 Початкові дані	44
3.2.2 Побудова діаграм варіантів використання	45
3.2.3 Вимоги до ПЗ	49
3.2.4 Функціональні вимоги	49
3.2.5 Нефункціональні вимоги	49
3.2.6 Специфікації варіантів використання	51
3.2.7 Розробка макетів екранних форм	53
3.3 Архітектурне проектування додатка	55
3.3.1 Вибір і обґрунтування вибору стеку технологій	56

3.3.2 Розробка клієнта.....	58
3.3.3 Розробка бази даних.....	60
3.4 Детальне проектування класів (опис методів класів) для реалізації підсистем.....	61
3.5 Розробка інтерфейса	62
3.6 Висновки до розділу 3	65
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

BLL - Business Logic Layer;

DAL – Data Access Layer;

Studio Builder – інформаційна технологія конфігурування акустичних систем студій звукозапису;

LINQ – Language Integrated Query;

UML – Unified Modeling Language;

АС – акустична (аудіо) система;

АЧХ – амплітудо-частотна характеристика;

ВЧ – висока частота;

БД – база даних;

ЕОМ - Електронна обчислювальна машина;

ЖЦ – життєвий цикл;

НЧ – низька частота;

ПК – персональний комп'ютер;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПП – програмний продукт;

СУБД – система управління базою даних;

СЧ – середня частота;

ФЧХ – фазо-частотна характеристика.

ВСТУП

Останнім часом український шоу-бізнес набирає обертів, ми все більше дізнаємось про нових талановитих виконавців, які можуть і готові створювати якісний контент, та через брак коштів не могли почати робити це раніше. І ще більше є тих виконавців, котрі не можуть вийти на велику сцену тільки тому що справді якісний студійний запис коштує занадто дорого для співака-початківця. У нашій роботі ми спробуємо створити інформаційну технологію, яка змогла б здешевити цей процес, згенерувавши всі розрахунки автоматично.

Актуальність теми полягає у можливості конфігурування звукових систем студій професійного звукозапису за допомогою інформаційної технології.

Об'єкт дослідження – звук, акустичні системи та їх характеристики.

Предмет дослідження – методи конфігурування аудіо систем.

Метою роботи є проектування прототипу інформаційної системи конфігурування звуку, яка допомогла б зробити розрахунки параметрів для створення професійної студії звукозапису усім охочим, а також суттєво здешевила цей процес.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати:

- 1) дослідження теоретичних понять про звукове поле та його властивості;
- 2) дослідження поняття реверберації;
- 3) аналіз методів зміни реверберації;
- 4) аналіз існуючих методів конфігурування аудіо систем;
- 5) дослідження методів геометричної конфігурації приміщень.

Методи досліджень: емпіричний, наукового моделювання та дослідження, вимірювання, для написання програмного забезпечення

використані підходи об'єктно-орієнтованого програмування, трирівнева архітектура, Dependency injection (впровадження залежностей) в Services Core, а також патерн Unit of Work (патерн репозиторій), який використовується для інкапсуляції логіки роботи з джерелами даних, забезпечує коректну роботу всіх репозиторіїв з контекстом даних).

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наданні подальшого розвитку формування практичних рекомендацій щодо конфігурування акустичних систем студійних приміщень.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблене рішення завдання конфігурування акустичних систем студійних приміщень дозволить створити відповідне ПЗ, що суттєво спростить роботу звукового інженера, який бажає обладнати студію звукозапису.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Аналіз проблеми конфігурування акустичних систем студійних приміщень

Облаштуваючи власну студію, звуковий інженер так чи інакше стикається з рядом нюансів і проблем. Підбір якісного та дорогого обладнання, безумовно, важливий, та правильне облаштування студійного приміщення вирішує все. За допомогою правильної конфігурації акустичних систем можна упростити пост-продакшн та навіть уникнути багатьох проблем у подальших процесах обробки звуку. Задля цієї конфігурації зазвичай наймається команда спеціалістів, котрі за допомогою вимірювань та розрахунків знаходять правильні параметри розміщення обладнання, необхідне звукове ізолювання тощо. Очевидно, що цей процес коштує немало, що суттєво здорожчує вартість послуг студії для виконавців у майбутньому, аби звуковий режисер міг якомога швидше повернути вкладені кошти. У проаналізованих нами статтях описуються системи для конфігурації аудіо систем у студіях, але програмно-апаратних рішень для їх конфігурування наразі не існує.

1.1.1 Огляд програмно-апаратних рішень для конфігурування акустичних систем у студіях звукозапису

Проаналізувавши безліч статей та патентів ми вияснили, що аналогів розроблюваного нами програмного забезпечення не існує.

Висновки: Наразі програмно-апаратних засобів для вирішення проблеми конфігурування аудіо систем не існує. Ця тема потребує подальших досліджень для створення такого програмного забезпечення, яке могло б сильно спростити задачу звукового інженера у створенні професійної студії

звукзапису. Тому серед можливих та актуальних завдань для подальшого вивчення в роботі магістра було обрано створення прототипу програмного забезпечення для конфігурування аудіо систем студійних приміщень.

1.1.2 Аналіз наукових публікацій з вирішення проблеми конфігурування акустичних систем студійних приміщень

У вільному доступі знаходиться невелика кількість публікацій та патентів на тему конфігурування аудіо систем, зокрема:

System for configuration and management of live sound system [3].

Ця стаття описує патент на обчислювальну систему, що автоматизує настройку і управління живою звуковою системою, яка включає в себе процесор і пам'ять для побудови в графічному інтерфейсі дисплея уявлення живий звуковий системи для приміщення. Система завантажує шаблон приміщення, який включає в себе масиви гучномовців і пов'язані з ними властивості, в тому числі параметри конфігурації масивів гучномовців і дані настройки складових гучномовців, які можуть бути використані для забезпечення звукового покриття приміщення.

System and method for audio system configuration [4].

У цій статті описується патент системи для настройки аудіосистеми для заданого простору. Система може статистично аналізувати потенційні конфігурації аудіосистеми для її налаштування. Вона також надає методологію вибору місця розташування гучномовців, кількості гучномовців, типів гучномовців, поправочних коефіцієнтів, місць прослуховування, кроссоверних фільтрів або комбінацію цих схем в аудіосистеми, що має одну позицію прослуховування або кілька позицій прослуховування.

Sound system and method of sound reproduction [5].

Ця стаття описує патент на систему відтворення звуку, що складається з лівого і правого динаміків, розташованих в безпосередній близькості один від

одного, і звукового процесора, що подає звукові сигнали на пару динаміків. Переважно, щоб звуковий процесор отримував сигнал скасування від різниці між лівим і правим каналами. Отриманий різницевий сигнал масштабується, затримується (при необхідності) і спектрально змінюється перед додаванням в лівий і, в протилежної полярності, в правий канал.

Surround sound system [6]

У цій статті описаний патент системи об'ємного звучання для відтворення просторового звукового поля в області управління звуком в приміщенні з хоча б однією поверхнею, що відбиває. Система використовує кілька керованих гучномовців, розташованих в області контролю звуку, кожен гучномовець має безліч різних індивідуальних каналів, керованих відповідними вхідними сигналами гучномовця, для генерації звукових хвиль.

1.2 Аналіз існуючих методів та моделей налаштування акустичних систем у студіях звукозапису.

Акустична система - пристрій або система пристроїв, що використовується для відтворення звуку, та складається з однієї або декількох динамічних головок, розташованих у корпусі. Акустична система перетворює електричні вібрації в звукові. Акустична система складається з акустичної конструкції та вбудованої випромінюючої динамічної головки. [1]

Існує два основних методи налаштування аудіо систем: метод геометричної конфігурації приміщення та цифрове калібрування звукового сигналу. Перший метод полягає у вимірюванні акустичних властивостей приміщення та рішення найоптимальнішої конфігурації апаратури та звукоізоляції у приміщенні. При цьому підході враховується матеріал, з якого виготовлені стіни приміщення, розмір кімнати, конфігурація стін тощо. Цей метод не підходить для тих приміщень, де не можна вносити кардинальні зміни у їх плануванні, адже інколи саме вони і потрібні для оптимальної

конфігурації аудіо системи. [7]

Також, інколи, постановка аудіосистем у просторі може бути не зручною для користувачів студії. Інший підхід полягає у компенсуванні недоліків акустики приміщення шляхом цифрової обробки звукового сигналу. Іншими словами, звуковий сигнал підлаштовується під акустичні особливості приміщення шляхом його калібрування. Цим методом можна компенсувати не тільки акустичні недоліки приміщення, а й некоректну конфігурацію аудіосистеми. Варто зазначити, що професіонали зазвичай користуються комбінацією цих методів, враховуючи всі особливості приміщення та, по можливості, побажання клієнта (звукорежисера). [8]

1.2.1 Теоретичні основи конфігурування звуку

1.2.1.1 Звукове поле та його характеристики

Поверхня тіла, котре здійснює коливання є джерелом звукової енергії, що генерує звукове поле. Звукове поле - це простір, в якому поширюються звукові коливання. Люди сприймають звуки різної частоти від 16 до 20 000 Гц. Герц (Гц), рівний одному коливанню в секунду, вважається одиницею частоти. Процес поширення коливальних рухів у середовищі називається звуковою хвилею. Напрямок поширення звукової хвилі називається звуковим променем, а поверхня, яка з'єднує всі сусідні точки електричного поля з однією і тією ж фазою вібрації частинок середовища, називається хвильовим фронтом [1]. Хвильовий фронт перпендикулярний звуковому пучку (рис. 1.1)

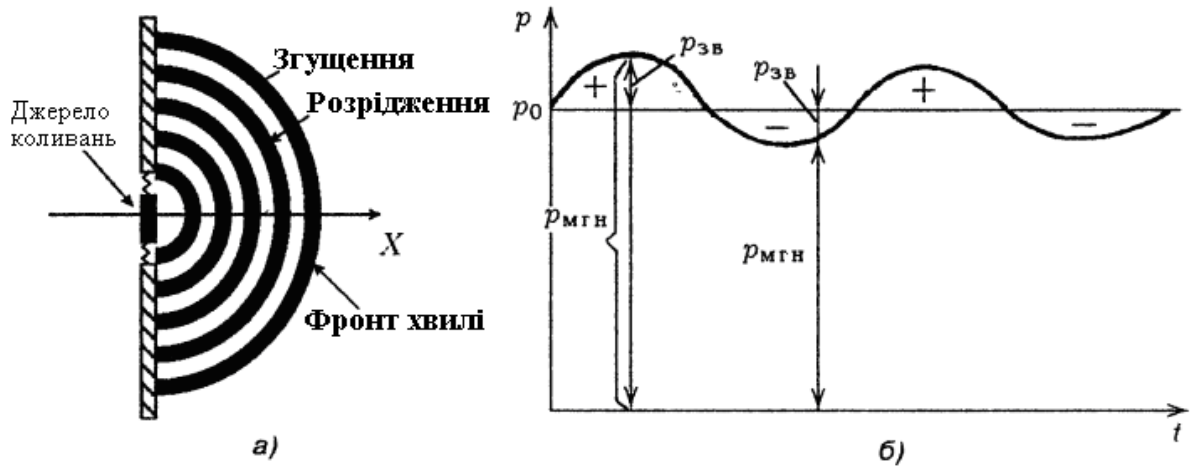


Рисунок 1.1 – Звукові коливання з’являються в повітрі (а), а звуковий тиск змінюється в точках звукового поля під час синусоїдального коливання частинок середовища (б)

Поширення звукових хвиль супроводжується передачею енергії, яка є функцією звукового тиску і швидкості коливань кожної точки в середовищі. Звуковий тиск - це різниця між загальним миттєвим тиском у точці поля та атмосферним тиском:

$$p_{зв}(t) = p_m(t) - p_a, \quad (1.1)$$

де $p_{зв}(t)$ – звуковий тиск;

$p_m(t)$ – сумарний миттєвий тиск в певній точці поля

P_a – атмосферний тиск

Кількість енергії, яка переноситься звуковою хвилею в одиницю часу в напрямі поширення звуку через одиницю площі визначає інтенсивність звуку:

$$I = P/S = P_{зв} \cdot S \cdot v/S = P_{зв} \cdot v, \quad (1.2)$$

де S – площа фронту хвилі

v – коливальна швидкість

Звукову хвилю, фронт якої перпендикулярний до площини напрямку поширення хвилі, називають плоскою. Звукові промені орієнтовані паралельно один одному. Якщо енергія від джерела звуку рівномірно розподілена у всіх напрямках, а фронт хвилі сферичний, хвиля називається сферичною. Якщо розмір випромінювача більше довжини випромінюваної хвилі, можуть виникнути плоскі хвилі. Звукові промені в сферичній хвилі збігаються з радіусом кулі.[15]

1.2.1.2 Поширення звуку в приміщенні

Поширення звуку у вузькому просторі відрізняється від умов поширення звуку у вільному просторі, оскільки звукові хвилі на своєму шляху зустрічають багато перешкод (стіни, стелі, підлоги, предмети тощо).

Чим твердіша і щільніша стіна, тим більше звукової енергії вона буде відбивати. Звукові хвилі сильно відбиваються під впливом перешкод, тому інші "образи" з'являться в звукових хвилях, що відбиваються від стін, стелі та підлоги (тобто подалі від основного джерела звуку). [10] Взаємні відбиття та відбиття, що взаємодіють із прямим звуком, можуть спотворити відображення та зменшити виразність звукового зображення.

Велика кількість відбиттів основного звуку взаємодіє з прямим звуком безпосередньо від динаміка і найкоротшим чином досягає вух слухача.

У закритому просторі може бути три джерела звуку (рис. 1.2).

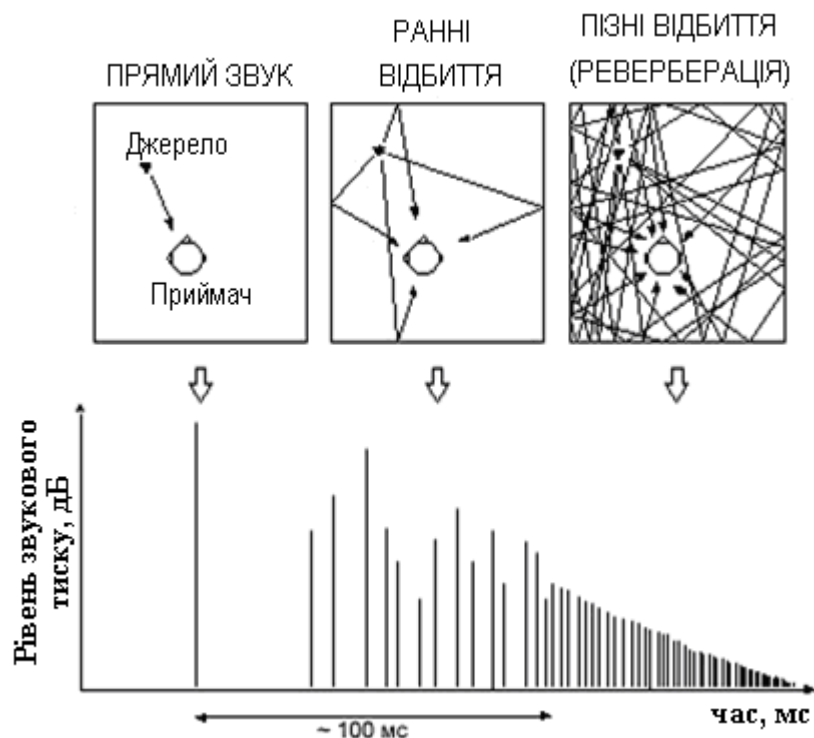


Рисунок 1.2 – Ехограма приймача. Прямий звук, ранні відбиття та ехо

1. Прямий звук виходить безпосередньо з динаміків і досягає вух слухача найкоротшим шляхом, не відбиваючись від поверхонь стін, підлоги і стелі приміщення.

2. Ранні відбиття – це відбиття основного звуку від стін, підлоги і стелі приміщення, що досягають вух слухача найкоротшими шляхами, зазнаючи лише одного відбиття, а тому – зберігають досить велику амплітуду і в областях відбиття на поверхнях стін, підлоги і стелі приміщення формують «образи» прямого звуку. Серйозний вплив на якість звучання і формування стереокартини роблять саме перші відбиття.

3. Ревербераційні відбиття (ехо) є результатом багаторазових перевідбиттів основного звуку від поверхонь стін, підлоги і стелі приміщення. Вони досягають вух слухача складними, довгими шляхами і тому мають низьку амплітуду.

Якщо звук походить з кількох віддалених джерел, то людина може

сприймати лише звук, сформований раніше. Якщо різниця в часі прибуття кількох звукових сигналів становить не більше 50 мілісекунд, попередній звук матиме пріоритет над пізнішим звуком. Потім людське вухо сприймає всі відбиття, які досягають їх протягом перших 50 мілісекунд після випуску прямого звуку. [14]

Це покращить сприйняття мови і суб'єктивно збільшить гучність, але з іншого боку, спотворить оригінальну музичну інформацію завдяки поєднаному відбитому звуковому сигналу і значно погіршить якість відтворення звуку.

Якщо затримка відображення перевищує 50 мілісекунд і має такий самий рівень, що і прямий сигнал, людське вухо сприймає це як повторення прямого сигналу (у вигляді єдиного звукового сигналу). Ці відбиття називаються "відлунням" (реверберацією, ехо). Відлуння сильно послаблює чіткість мови та сприйняття музичної інформації.

Амплітудні характеристики ранніх відбиттів залежать від:

- відстані між джерелом звуку і відбиваючої поверхні;
- відстані від вух слухача до поверхні, що відбиває;
- від акустичних властивостей самої відбиваючої поверхні.

Таким чином, акустична характеристика кожної точки внутрішнього простору приміщення, головним чином, визначається поєднанням характеристик прямого звуку і ранніх відбиттів, що приходять в дану точку.[17]

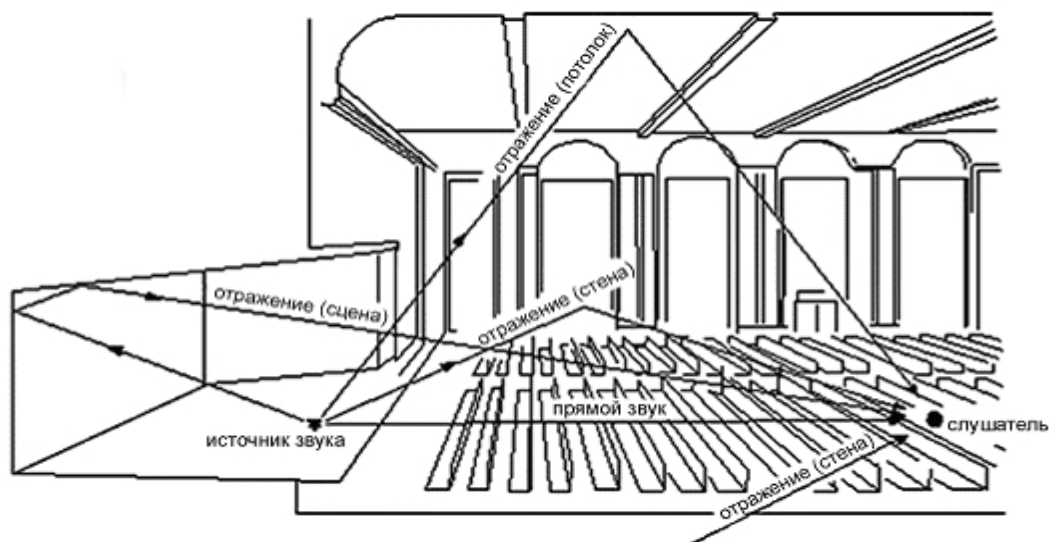


Рисунок 1.3 – Формування ранніх відбиттів

Оскільки реверберація несе інформацію про розміри кімнати, спектральний склад відбитого сигналу буде різним у великих і малих кімнатах. Крім того, спектр сигналу реверберації також містить інформацію про властивості матеріалу, з якого зроблена відбивна поверхня.

Реверберація з високим рівнем високочастотних компонентів пов'язана з кімнатою, де внутрішні стіни кімнати надійно відбивають високі частоти. Якщо звук, що відбивається, глухий, слухач зробить висновок, що стіни кімнати покриті матеріалами, які поглинають високі частоти.

Діапазон сигналу реверберації дозволяє визначити відстань до джерела звуку. Ця людина автоматично оцінить взаємозв'язок між прямим звуком та реверберацією та самостійно зробить висновок, чи відключено джерело звуку (слабкий звук). [16]

Розташування слухових органів людини робить сприйману якість звуку залежною не тільки від кількісного співвідношення між прямим звуком і реверберацією, але і від часу затримки сигналу реверберації відносно моменту безпосереднього сприйняття звуку. Час реверберації відноситься до часу, протягом якого звукові хвилі, що неодноразово лунають у кімнаті, поступово зникають. Цей параметр є одним з основних стандартів акустики

приміщень [10]. Він характеризує розмір кімнати: у маленькій кімнаті буде більше відбиттів за одиницю часу, що суперечить ситуації у великій кімнаті, що призведе до того, що відбиття швидко слабшатиме і занепадатиме. На відміну від тиснення та м'якості, тверда глянцева поверхня може добре відображати звук і майже не послаблює звук, що, в свою чергу, подовжує час реверберації.

Гучність приміщення суб'єктивно сприймається як багаторазове відлуння. Чим менше загасання, тим довший час реверберації і сильніший шум. Чим ближче слухач до джерела звуку, тим голосніше прямий звук і тихіше реверберація. Коли ви віддаляєтесь від джерела звуку, прямий звук слабшатиме, а відбитий звук – навпаки.

На певній відстані від джерела звуку слухач буде сприймати прямий і відбитий звук з однаковою гучністю. [9]

1.2.1.3 Характеристика поведінки акустичних хвиль різної довжини

Від довжини та частоти коливань звукових хвиль залежить їх поведінка у закритих приміщеннях. За своєю довжиною спрощена поведінка звукових хвиль у приміщенні може бути виражена як дві незалежні моделі.

1. Поширення високочастотних хвиль схоже на випромінювання світла з відомими законами заломлення, відбиття та дифракції. Частина енергії звукової хвилі, що досягає твердої поверхні, відображається під кутом, рівним куту падіння. Існують деякі функції коротких хвиль (середньо- та високочастотні).

Першою характеристикою хвиль у цьому діапазоні є їх чіткий напрямок (посилення або послаблення сприйняття рівня високих частот, навіть при незначному відхиленні від осі їх випромінювання). Саме напрямок визначає головну роль високочастотних хвиль у створенні стереозображення.

Друга особливість - здатність багаторазово відбиватися від твердих

поверхонь, що полегшує їх розпорошення.

Третя особливість - легке поглинання навіть на тонких і м'яких ділянках.

Поведінка низькочастотного динаміка в приміщенні дуже схожа на керовагу хвилею операцію, що являє собою процес збору звукових хвиль від всіх джерел вонни в кімнаті, таким чином, проходячи через безліч екранів низькочастотних динаміків. стіни, підлогу і стелю кімнати. Причина в тому, що, на відміну від хвиль середніх і високих частот, цільові басові хвилі поширюються всюди в тому ж напрямку, що і відволікаючі струми, які виходять від центру випромінювання. Таким чином, звукові хвилі сигналу низькочастотного динаміка всюдисущі, тому вони не можуть брати участь у створенні стереозображення. Якщо довжина хвилі звукового сигналу вдвічі більше одного з лінійних розмірів кімнати, то на його частоті між даною парою стін виникає складне акустичне явище, яке «вбиває» звук - звук. резонанс обсягу повітря. Суб'єктивно це виражається в посиленні сигналу даної частоти щодо рівня інших частот і появи гучності звуку. Низькочастотні резонанси і стоячі хвилі виникають між двома паралельними поверхнями, коли в даному приміщенні порушується звукова хвиля відповідної частоти. [7]

Завдяки великій довжині хвилі і високої енергії, хвилі з вуфера здатні не тільки обходити перешкоду, а й частково відбиватися, «проходити» навіть крізь бетонні стіни, через віконні прорізи та відкриті двері і легко проникають в скло.

1.2.1.4 Реверберація

Реверберація — залишкове «післязвуччя» у закритих приміщеннях. Утворюється внаслідок багатократного відбиття від поверхонь та одночасного поглинання звукових хвиль. Реверберація характеризується проміжком часу (у секундах), протягом якого сила звуку зменшується на 60 дБ.

Явище реверберації полягає у суперпозиції різних ехосигналів від одного

джерела звуку. Ефект реверберації можна спостерігати в закритих приміщеннях після вимкнення джерела звуку. Зазвичай надлишкова тривалість реверберації призводить до неприємного гулу, а недостатня - до різкого уривчастого звучання. Штучно створювана реверберація в певних межах сприяє поліпшенню якості звучання, створюючи відчуття приємного "резонансу" приміщення. [17]

Під час запису голосу, співу, музики та створення різних шумових ефектів використання штучної реверберації є невід'ємною частиною всієї обробки звукового сигналу. Цей тип обробки залежить від технічних умов запису, а також художніх та естетичних завдань. Реверберація використовується для покращення та підкреслення голосу, співу та художньої виразності одного інструменту. Наприклад, під час запису музичної програми в приміщенні з поганою акустикою або низькою гучністю для даної групи виконавців часто неможливо отримати бажане співвідношення між гучністю та чіткістю звуку. У цьому випадку використання штучної реверберації може поліпшити якість звучання музичних програм. Так само реверберація допомагає створити необхідний акустичний колір для звуку чи інструменту під час запису співака чи сольного інструменту (коли він занурюється у супровідний звук ансамблю). За допомогою реверберації можна створити ефект наближення і віддалення джерела звуку. Для цього поступово змінюють рівень реверберації, створюючи ілюзію зміни акустичного відносини, а значить, і враження зміни звукового плану. При озвучуванні відеофільму або звуковому оформленні презентації нерідко виникає потреба підкреслити акустичну обстановку того чи іншого місця дії. Для цього також використовують ефект реверберації.

Елементи реверберації:

Прямий звук - це перший звук, який надходить у слухача безпосередньо від джерела звуку і має найвищу інтенсивність. Згідно з дослідженням Хааса, суб'єктивна оцінка розташування джерела звуку визначається прямим звуком і відбиттям протягом 1 мілісекунди.

Час затримки першого відображення, виражене як ITDG або t_1 - інтервал часу між сприйняттям слухачем прямого звуку і його першим відображенням. Значення цього параметра визначає суб'єктивне враження від розміру кімнати. Згідно експерименту Берранка можна зробити висновок, що в найкращому концертному залі t_1 для слухача в центрі залу значення становить від 15 до 30 мілісекунд. Отже, шлях подолання відбитого звуку повинен бути на 5-10 метрів довший шляху прямого звуку. Якщо значення t_1 занадто велике (від 50 до 70 мілісекунд), слухач справить велике враження. Роздуми, затримані більше 100 мілісекунд, вважаються відгомонами.

Ранні відбиття – група відбиттів, що приходять до слухача через 80 мс після прямого звуку. Гаас дослідив, що відбиття із часом затримки 20-50 мс справляють враження збільшення гучності прямого сигналу. Звуки, що затримуються на 40 мс посилюють враження акустичної близькості. Для досягнення повноти звучання, ранні відбиття повинні приходити з якнайбільшої можливої кількості напрямків.

"Хвіст" реверберації – складається з великої кількості багаторазових відбиттів звуку (згідно з Кремером і Мюлером протягом секунди до слухача приходить до 2000 відбиттів). Інтервали між послідовними відбиттями сигналу настільки короткі, що „хвіст” реверберації має характер поступово зникаючого продовження прямого сигналу. У залежності від коефіцієнтів поглинання поверхонь приміщення, „хвіст” може зникати повільно або раптово, що виражається у часі реверберації приміщення.

Час реверберації зазвичай визначають як час, протягом якого гучність сигналу зменшується на 60 дБ (або до $1/1000000$ первісного значення). Час реверберації є об'єктивною оцінкою параметрів звукового дизайну, що окреслює поглинання звуку[14].

Час затримки залежить від багатьох чинників, зокрема:

- Розмір і форма приміщення
- тип і розподіл будівельних матеріалів

- частоти звуку
- положення джерела звуку
- вологості і температури.

1.2.1.5 Дифузія й дифракція

Як зазначалося вище, коли звукова хвиля стикається з поверхнею, частина звукової хвилі проходить далі, частина відбивається, а частина поглинається. Те саме відбувається, коли на вікно падає світло. Світло, що проходить через вікно, проходить крізь скло. Якщо ми стоїмо за вікном, то побачимо відблиски на склі. Це означає, де світло відбивається. Якщо відкрити вікно, ми виявимо, що світла, що потрапляє в кімнату, більше, ніж світла, що проходить через скло. Різниця в освітленості мінус кількість світла, відбитого назад до свого джерела – є власним рівнем поглинання скла, що перетворює енергію світла в теплову енергію. Якщо на вікнах буде встановлене фігурне скло, то світло буде надходити, але не буде видно його джерела, а в кімнату будуть відкидатися лише неясні тіні. Дифузія переміщує дискретні джерела енергії та добре їх розсіює. А дифракція – це скривлення звукових (світлових) хвиль, що обгинають об'єкти, особливо з гострими кутами. Дифракція відбувається й зі світлом, що відхиляється (дифрагує) навколо граней непрозорого тіла. Дифракція світлових хвиль – як і звукових – залежить від частоти. При цьому дифракція світлових хвиль створює ефект веселки, коли світло проходить крізь вузьку щілину або обходить гострий кут. В існуванні паралелей між звуком і світлом немає нічого незвичайного, тому що обидва приклади пов'язані з поширенням хвиль, бо ті самі закони поширення хвиль притаманні й електромагнітним світловим і радіохвилям, і акустичним звуковим хвилям.

На високих частотах у приміщенні звук - це поєднання прямих звуків, що відбиваються від твердої поверхні та розсіюються та спотворюються внаслідок дифракції. Дзеркало - це відображення в кімнаті, як непомітне, так і

ціле (так само, як світло, спрямоване на дзеркало). Ви можете порівняти дифузне відбиття з відбиттям світла від аркуша паперу. Дифракція (кривизна хвиль навколо об'єкта) відображається в тому ж діапазоні.

Отже, область розподілу резонансу та області дифузії та дифракції разом додають наступні ефекти прямому звуку: дифракція, дифузія та енергія відбиття. [14]

1.2.2 Методи зміни реверберації

Існує два загальновизнані методи створення реверберації: відбиття та розсіювання (дифузія). В останні роки багато компаній у США, включаючи RPG, створили різноманітні дифузори звуку, які можуть працювати в широкому діапазоні частот. Ці дифузори створені на матричному принципі, в якому чергуються тривимірні пористі резонатори різної глибини (рис. 7, III та IV). Порядок комірок та їх глибина суворо визначаються відповідно до певних числових послідовностей. Дифузор зазвичай виготовляється з дерева, бетону або пластику. Функція резонатора порожнини тіла полягає в тому, щоб викликати хаотичні відбиття акустичної енергії, усуваючи тим самим будь-які явні прояви окремих відбиттів. Це розсіювання забезпечує дуже плавну реверберацію, що дозволяє регулювати загальний час реверберації відповідно до співвідношення дифузора до звукопоглинаючої поверхні, хоча для відносно рівномірного розподілу реверберації в приміщенні розподіл дифузора повинен бути однорідним. Будь-яка поверхня, крім підлоги, дверей та вікон, підходить для розташування дифузорів. [8]

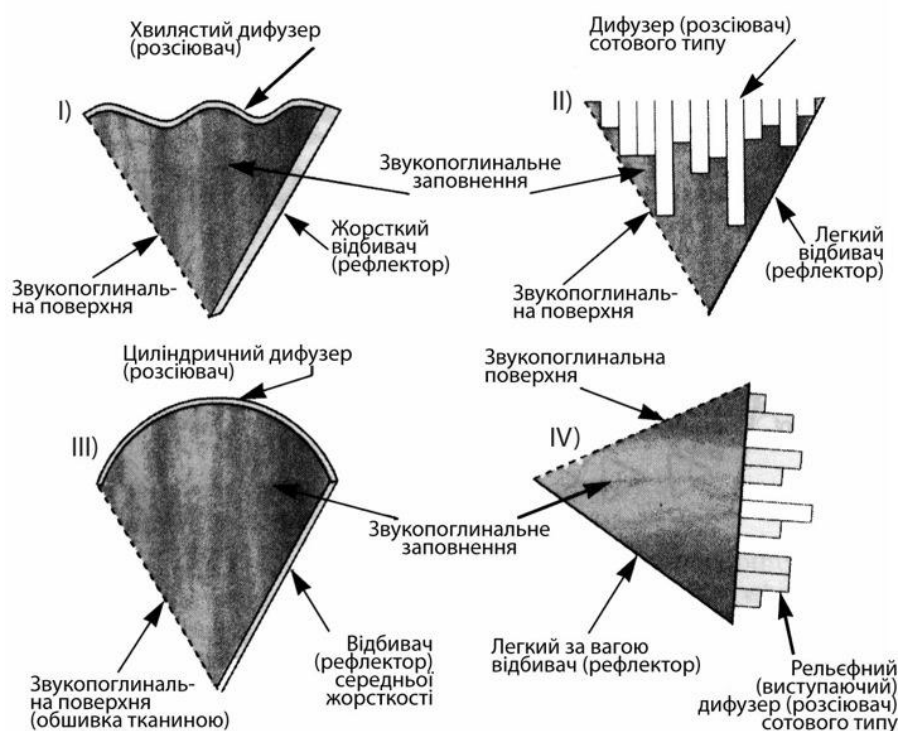


Рисунок 1.4 Детальне креслення панелей для відбиття та розсіювання звуку – чотири варіанти.

При створюванні необхідної реверберації у приміщенні, слід використовувати обидва методи – розсіювання та відбиття одночасно, але у різних мірах, в залежності від бажаного результату. Слід також зазначити, що ці методи можна застосовувати лише у відносно великих приміщеннях. У маленьких кімнатах (наприклад, в кабінці диктора) вони не працюють, оскільки в таких кімнатах дифузія та дифракція дуже незначні.

Більшість приміщень вітчизняних студій можна класифікувати як невеликі. Основним завданням проектування такого приміщення, як правило, є створення в ньому акустичних ефектів, які сприяють покращенню звуку інструменту. Іншими словами, необхідно забезпечити, щоб кімната була налаштована на всі частоти, а також щоб ті частоти, що відповідають резонансній частоті кімнати, не були помітними. У такій кімнаті має бути достатньо звукового простору, щоб різні музиканти почувалися комфортно з точки зору звучання інструменту. Акустичні властивості цієї кімнати повинні

дозволити звукорежисерам розміщувати музикантів і встановлювати мікрофони майже де завгодно.

Наші слухові апарати можуть сприймати величезний динамічний діапазон. Зміна тиску повітря, спричинена найгучнішим звуковим звуком, становить близько 20 мкПа (20 мікропаскалей), або 0,00002 Па. У той же час звук, близький до порога болю у вусі, становить близько 20 Па. Тому співвідношення між найтихішим і найгучнішим звуком, яке може сприйняти вухо, становить один до одного мільйона. Наприклад, якщо говорити про рівень звукового тиску реактивного двигуна, то співвідношення становить майже одну частину на мільярд! Дуже незручно вимірювати такі сигнали різного рівня в лінійному діапазоні, і - візуально незручно. Для того, щоб адаптувати такий широкий динамічний діапазон до зручних чисел, було введено поняття «bel» (bel). Bel - простий логарифм двох співвідношень; децибели дорівнюють одній десятій бела.

Для того, щоб виразити звуковий тиск у децибелах, тиск повинен бути в квадраті (у Паскалях), а потім розділений на квадрат опорного тиску. Для зручності квадрат двох тисків виконується поза логарифмом (це властивість логарифму для зручності).

1.3 Висновки з розділу 1

Отже, у першому розділі ми проаналізували проблему конфігурації аудіо систем у студіях. Ознайомившись із безліччю статей та патентів, присвячених цій проблематиці, ми виявили, що програмно-апаратного рішення проблеми на сьогоднішній день не існує, а отже тема потребує подальших досліджень. Тим самим було доведено актуальність дипломної роботи магістра. Також у рамках роботи ми розглянули базові поняття про звук та його властивості у приміщеннях. Наведено декілька прикладів практичного застосування теоретичних знань про поведінку і властивості звуку у різних приміщеннях. Завдання програмного забезпечення Studio Builder полягає у визначенні оптимальної конфігурації апаратури у приміщеннях, задля цього у першому розділі було виконано наступні поставлені завдання:

- розглянуто та проаналізовано поняття звукової хвилі та їх властивості у приміщенні;
- розглянуто та проаналізовано поняття реверберації, а також методи для її зміни;
- проаналізовано характеристику поведінки акустичних хвиль різної довжини;
- проаналізовані існуючі методи та моделі конфігурації аудіо систем у приміщеннях.

2 МОДЕЛІ І МЕТОДИ КОНФІГУРУВАННЯ АКУСТИЧНИХ СИСТЕМ

2.1 Дослідження методів конфігурації акустики у приміщенні

На сьогоднішній день існує два принципово різних підходи до зміни акустики приміщення.

Будь яке приміщення, в якому відбувається прослуховування або запис музики, володіє своїми абсолютно унікальними акустичними характеристиками. Відбиття звукової хвилі від стін, стелі та підлоги формує резонансні піки та провали на різних частотах, що надає фонограмі характерне звукове забарвлення. Ця проблема однаково актуальна як для стерео, так і для кінотеатральних аудіо систем, тому існує маса варіантів її вирішення. Однак, не зважаючи на різноманітність підходів, їх суть зводиться до двох принципів: акустична обробка приміщення і пошук оптимальної конфігурації джерела звуку, тобто аудіо систем і цифрове калібрування звукового сигналу. Кожен підхід має свої особливості. Найбільш очевидна відмінність двох методів – це те, як їх втілення впливає на інтер'єр. Еталонним варіантом акустичної обробки вважається побудова «кімнати у кімнаті» з непаралельними поверхнями стін і стелі. Звук у такому приміщенні буде неперевершеним. Але й реалізувати такий проект у жилу чи, приміром, офісному приміщенні буде вкрай складно. У деяких випадках можна обійтися набагато менш радикальними засобами. Так чи інакше, будь яка акустична обробка приміщення тягне за собою неминучі зміни інтер'єру, а оптимальне розміщення колонок у приміщенні не завжди може бути найзручнішим для його власника чи користувача. З цієї точки зору електронне калібрування апаратури здається набагато більш оптимальним варіантом, оскільки передбачає прямо протилежний підхід. Так можна компенсувати вплив

акустики приміщення шляхом обробки звукового сигналу, підлаштовуючи його під специфічний відклик акустики приміщення. Більше того, за допомогою цього методу можна не тільки компенсувати акустику приміщення, а й некоректну розстановку колонок і недоліки їх звучання. [7]

Акустична підготовка приміщення – процес, схожий на налаштування музичного інструмента. Із базовими методами, на кшталт гасіння ранніх відбиттів, може впоратися і новачок, але змінити акустику кімнати глобально, не заглушивши її і не створивши додадкових проблем, здатен тільки досвічений спеціаліст. На цьому фоні електронна калібровка може здатись більш простим рішенням, адже у більшості випадків процедура відбувається автоматично. Але й у цьому питанні є немало проблем. Так, наприклад, цифровою калібровою неможливо позбавитись від резонансних провалів. У системах високого класу якості після цифрової калібровки звукової хвилі обов'язково перевіряється її результат і вручну вже спеціаліст займається налаштуванням інших показників. Акустичне підготування приміщення – ефективний засіб для гасіння основних резонансів, та чим тонкіше необхідне налаштування, тим прискіпливішою і «ювелірною» стає робота над ним. При електронній обробці аудіо сигналу ми можемо спостерігати зворотню картину: проблеми з'являються при гасінні високоамплітудних резонансів. Але водночас електронне калібрування є більш ефективним у питаннях обширних налаштувань. Ба більше, окремі характеристики сигналу, наприклад, фазу сигналу чи затримки на певних частотах можна виправити тільки у процесі цифрового калібрування. [13]

Кожен з підходів для боротьби з негативним впливом акустики приміщення на звук є ефективним, але й має свої недоліки. У ситуації, коли інтер'єр не можна змінити, саме цифрове калібрування допоможе вирішити основні проблеми. В інших випадках вимірювання параметрів приміщення і конфігурування акустичних систем на основі їх обчислення є оптимальним варіантом. Професіонали у процесі створення студії звукозапису

використовують сукупність цих методів.

2.1.1 Цифрове калібрування звукового сигналу

Калібрування – точне налаштування аудіо пристрою для забезпечення його належного функціонування. У аудіосистемах калібрування включає в себе роздільне регулювання рівнів гучності кожного каналу.

Автоматичне калібрування звукового поля (Automatic Calibration Sound Field) - технологія, яка відіграє важливу роль в налаштуванні професійних аудіо систем. Цей алгоритм спрощує процес налаштування, автоматично аналізуючи акустичні дані приміщення і встановлює параметри оптимальної якості звуку в певній позиції прослуховування; все це відбувається при натисканні на одну кнопку. Весь процес налаштування займає кілька хвилин. Сучасні ресивери професійних акустичних систем мають в наявності процесор ефектів, що дозволяє управляти різними настройками для отримання ефектів об'ємного звуку. Також існує можливість налаштовувати рівень затримки звуку по каналах, щоб забезпечити оптимальну звукову картину (на деяких моделях для цього додається спеціальний вимірювальний мікрофон). [7]

Калібрування полягає у вказанні максимально точних відстаней від кожної колонки до вух слухача. Це потрібно для того, щоб звук приходив в потрібній фазі від усіх акустичних систем. Людське вухо надзвичайно чутливе до фази і саме на фазових зрушеннях будуються стереоефект і ефект об'ємного звуку. Правильне вказання відстаней допомагає ресиверові правильно виставити час затримок звуку. При калібруванні також виставляються рівні показники гучності та параметри еквайзера. Автоматичне налаштування еквайзера є надзвичайно корисним, так як правильно підібрані параметри можуть пригасити стоячі хвилі на певних частотах, які утворюються через особливості приміщення. При ручному калібруванні потрібно дуже чітко розуміти фізику звуку і добре уявляти бажаний результат. Саме тому цю

справу, зазвичай, доручають професіоналам. [8]

2.1.2 Методи цифрового калібрування аудіо систем

Для виконання калібрування аудіосистеми майстри використовують спеціальне вимірювальне обладнання, а також програмне забезпечення. Для зміни параметрів звучання користується популярністю софт REW і ARTA. Для настройки доступні ФЧХ і АЧХ частоти, вимірювання рівню затримки звукової хвилі в кімнаті. Спеціальні пристрої дозволяють виявити дефекти в базових параметрах, встановити оптимальні для різних типів приміщення параметри.

Етапи проведення калібрування:

1. Визначення резонансів кімнати для проведення точкової корекції в залежності від ступеню гулкості приміщення.
2. Еквалайзер програмного забезпечення дозволяє внести зміни до показників звуку аудіосистеми на нижній частоті.
3. Система забезпечує можливість видалення відтінків звуку, що псують якість відтворення, створюють труднощі у сприйнятті всієї звукової доріжки. Для цього вносяться коректування однією з АС в діапазоні НЧ.
4. Усунення SBIR-ефекту віддзеркалення від розташованих поблизу системи поверхонь. Для вирішення проблеми використовуються електронні фільтри для регулювання звукових провалів і піків. Провали відновлюються посиленням звуку до 6 дБ.
5. Зміна країв діапазону частот дозволяє зробити відтворення більш рівним і природним. Для вирішення проблеми майстри розширюють низькочастотний діапазон при калібрування аудіосистеми. Фахівці також звертають увагу на внесення коригувань в АЧХ пристроїв, тональний баланс. Це дозволяє розширити гаму активних для

акустичної системи звукових відтінків.

Навіть передові пристрої, такі як Dynaudio Contour 30 White Oak, після здійснення професійної калібрування демонструватимуть кращу якість звучання. [10]

2.2 Методи геометричного конфігурування приміщень

Розглянемо інший метод конфігурації аудіо систем – геометричне конфігурування. Ефектом геометричної конфігурації кімнати є зміна кутів стін, зміна їх розміру та кількості, а також зміна пропорцій між розмірами стін. Геометрично паралельна поверхня сприяє появі осьових мод. З усіх резонансних мод (осьовий, тангенціальний та непряий) це осьові режими, які сприяють найсильнішим резонансам завдяки відбиттям між паралельними стінками. Поняття паралелізму різні в акустичному та геометричному сенсі слова, а поняття акустичного паралелізму залежить не тільки від геометричного паралелізму, але й від частоти звукової хвилі, що відображається на поверхні.

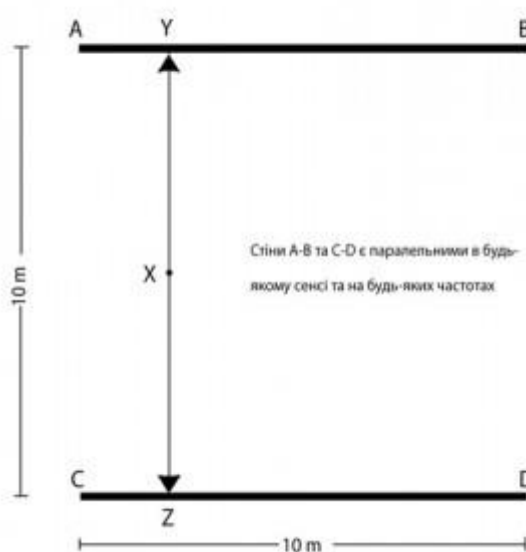


Рисунок 2.1 Геометрично паралельні стіни.

Звук із точки X рухається у всіх напрямках, але звукові хвилі у напрямку до точок Y та Z відбиваються з самого початку. Вони продовжують відбиватися, поки їхня енергія остаточно не розпорошиться по стінах і в повітрі. [1]

На рисунку 2.3 показані дві 10-метрові звуковідбивні стіни, розташовані на відстані 10 метрів. Вони геометрично паралельні, тобто паралельні всім частотам і акустичні. Удар в долоні в точці X видає звук багатьох частот, який поширюється у всіх напрямках від джерела. Хвиля, що досягає точок Y і Z , повертається, проходячи через вихідне положення, “ходячи” вперед-назад уздовж лінії Y - X - Z . Частоти, довжини хвиль яких кратні відстані між точками Y та Z , проходять через піки позитивного та негативного тиску в положеннях кімнати, які відповідають кожному відображенню. Вони будуть викликати резонансні шляхи, які сильно посилюються, і вухо почувається, як правило, в певних окремих точках кімнати, не з'являючись при цьому в інших місцях. Зображення стиснення стоячої хвилі (яке є стоячою хвилею, поговоримо нижче - АК) на частоті 70 Гц показано на рисунку 2.4. Світлі ділянки - це ділянки розведення, в яких вухо не буде відчувати резонансу на частоті 70 Гц, а темні ділянки - ділянками підвищений тиск, при якому звукова складова на 70 Гц буде чітко проявлятися.

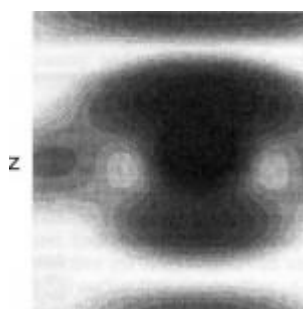


Рисунок 2.2 Величина поля тиску, що виникає від точкового джерела, що розташоване між стінами, як показано на малюнку 2.3

Геометрично паралельні поверхні в більшості випадків також паралельні акустично. Це означає, що наявність паралельних поверхонь сприяє виникненню осьових резонансів, що для нас не бажано. По-друге, чим нижче частоти, які ми прагнемо досягти для досягнення акустичної непаралельності, тим більше геометрична непаралельність і площа.[2]

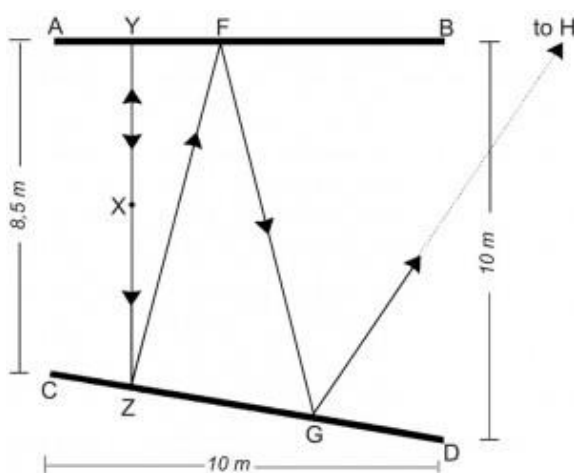


Рисунок 2.3 Все те саме, що й на малюнку 2.3, але одна поверхня, що відбиває, здвинута таким чином, щоб створити геометричну непаралельність між поверхнями A-B та C-D.

Більше не буде ехо-сигналів, таких як сигнал між поверхнями 2.3, оскільки відбиті сигнали не рухаються однаково (їх шляхи не повторюються). Звуки середньої та високої частоти від точки X до точок Y та Z супроводжуються пропагандою Z-F, F-G, G-H та а. Ш. Однак ситуація на низьких частотах навряд чи відрізняється від ситуації, поданої на малюнку 2.3.

Малюнок 2.4. показує вплив конфігурації стін (показано на малюнках 8 і 10) на акустику приміщення. Як видно з графіку, геометричний непаралелізм стін з частотою більше 300 Гц значно знижує модальний рівень енергії. Однак не спостерігається суттєвої різниці менше 100 Гц. Це вказує на те, що в цьому

діапазоні частот стіни, зображені на малюнку 2. 5, в акустичному сенсі завжди залишаються паралельними. Модальні рівні енергії на частотах вище 300 Гц знижуються через геометричну конфігурацію стін, високочастотні режими переважно перетворюються з осьової осі. У дотичному режимі траєкторія не тільки ускладнюється, але вона також відбивається від стіни під непрямым кутом, що призводить до більших втрат енергії, ніж перпендикулярне відбиття від поверхні в осьовому режимі. Геометрична реконструкція поверхні вплине на частоти з такими довжинами хвиль, і всякий раз, коли вони відображаються і повертаються до вихідної стіни, загальна відстань змінюватиметься принаймні на половину довжини хвилі, звичайно, при більш високих частотах.

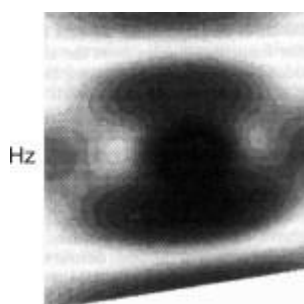


Рисунок 2.4 Величина поля тиску, що виникає від точкового джерела, яке розташоване між стінами, що показані на малюнку 2.5

Потужна гребінчаста фільтрація на низьких частотах впливає на музику і, отже, небажана у студії звукозапису, хоча певною мірою вона буде відбуватися у всіх приміщеннях з акустичними відбивальними поверхнями. Отже, хоча геометрична конфігурація акустичної поверхні відбиття є ефективною для придушення модальних на середніх і високих частотах, на низьких частотах, як правило, лише геометричні рішення не можуть дати бажаних результатів. Тому інший повинен вдаватися до звукопоглинання. Тим більше, що крім усього іншого паралельні поверхні створюють ще й повторюваний брязкіт, ефект «пральної дошки», що виникає від шумів

зіткнення звукової хвилі з поверхнею, що відбиває. [7]

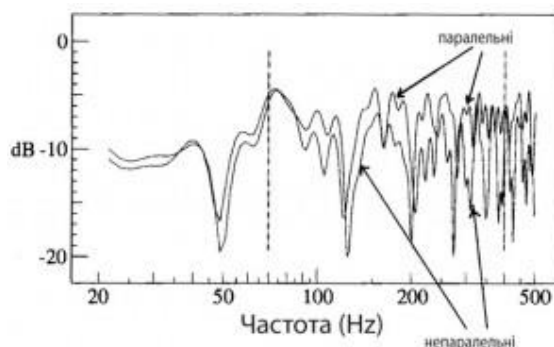


Рисунок 2.5 На цих графіках показана характеристика звуку в точці X в зображених на малюнках 2.2 і 2.3 випадках

Коли звук випромінюється між двома паралельними поверхнями (якщо вони не є 100% звукопоглинаючими), створення осьових режимів неминуче, що призводить до створення певної резонансної картини. Звичайна кімната у вигляді блоку має три пари таких поверхонь: дві пари - між протилежними стінами; пара - 'підлога-стеля'. Якщо припустити, що деталь має форму куба, в якому всі спарені паралельні поверхні розташовані на однаковій відстані одна від одної, всі осьові режими матимуть однакову довжину шляху та резонанс. Це призведе до сильного резонансного накопичення енергії на цих частотах. Як результат, пісня матиме насичений резонансний характер із надзвичайно потужними резонансами, які зруйнують музичну структуру всіх інструментів, що звучать. З вищесказаного можна зробити висновок, що кімната у формі куба як вихідне положення при будівництві студії - не найкращий вибір. Як варіант, ми можемо, наприклад, орієнтуватися на пропорції 1:1,5:1,8, 1:1,59:2,52, 1:1,14:1,39, 1:1,28:2,33, 1:1,6:2,4 і т.д. Можуть бути й інші пропорції.

Для більшої наочності розглянемо приклад розподілу аксіальних мод у двох приміщеннях: одне має форму куба зі стороною 4 метри, а інше –

розмірами 2,5 x 4 x 5,25 метрів (тобто з дотриманням пропорції 1:1,6:2,1).
Вирахувати аксіальні моди ми будемо по формулі:

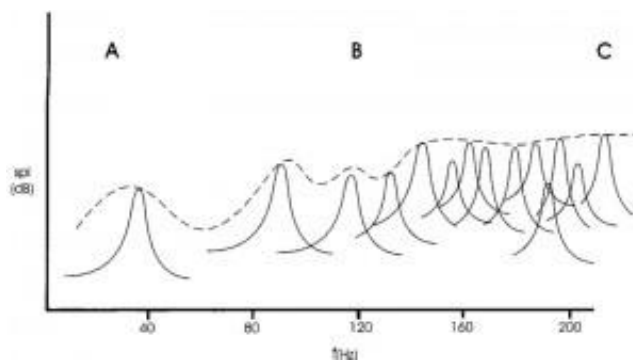


Рисунок 2.6 Розподілення гармонічних резонансів у приміщенні.

На малюнку видно сплески гармонійних звуків у кімнаті. У розділі В-С звуки близькі і майже рівні. "Крива усередненого рівня" (штрихова лінія) у цій області дуже плавна. Однак у сегменті А-В гармонійні звуки камери знаходяться далі, і "середня швидкість" починає згинатися і обертатися навколо вибуху та вигину звукової сили. Це говорить про те, що в розділі АВ обсяг приміщення неоднаковий, підкреслюючи більше деталей, ніж інші. Пункт В - скільки разів - залежно від розміру кімнати. Чим більша кімната, тим нижча частота В. Як результат, більші камери мають вищу частоту, ніж через низькочастотні частоти.

$$F = 340/2L, \quad (1.3)$$

де:

1. F – частота аксіальної моди;
2. L – відстань між протилежними стінами або підлогою й стелею.

Для спрощення розрахунків спростимо формулу.

Вийде:

$$F = 170/L, \quad (1.4)$$

Обчислимо частоти аксіальних мод для другого приміщення.

От вони:

5,25 метра: 32,4; 64,8; 97,1; 129,5; 161,9; 194,3; 226,7; 259 Гц і т.д.

4 метри: 42,5; 85; 127,5; 170; 215,5; 255 Гц і т.д.

2,5 метри: 68; 136; 204; 272 Гц і т.д.

Для приміщення у формі куба зі стороною 4 метри частоти аксіальних мод такі: 42,5; 85; 127,5; 170; 215,5; 255 Гц тощо.

Проілюструємо наші розрахунки графічно (рис. 2.9). Покажемо частоту осьового режиму другої кімнати на рис. 2.9 (а) та частоту осьового режиму кубічної кімнати на рис. 2.9 (б). Намалюємо середню криву. Видно, що на малюнку 2.9 (а) крива є більш плавною, тоді як на малюнку нижче "поведінка" кривої середнього рівня дуже сприйнятлива до індивідуальної енергії - віддаленості один від одного – резонансу.

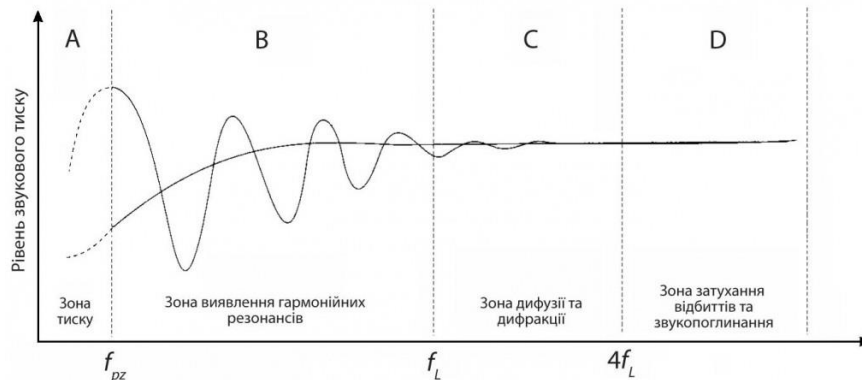


Рисунок 2.7 На діаграмі показані частотні діапазони з різним впливом на акустику приміщення.

f_{pz} — верхня межа зони тиску; f_L — частота розділу резонансів ("частота великої кімнати"). У зоні тиску особливості приміщення не впливають на

загальний звук. Плавно закруглена зглажена крива є середньою характеристикою приміщення.

Акустичні властивості приміщення описують поведінку звуку в замкнутому просторі. Слід зазначити, що вимірювання рівня звукового тиску шуму проводяться у порожній студії при закритих дверях і увімкнених системах кондиціонування, спецосвітлення і технологічного обладнання. Крім зазначених вимог до рівню звукового фону, регламентуються також оптимальні значення часу реверберації [1]. Головним завданням конфігурування аудіо систем є усунення так званих «паразитних» звуків: зовнішніх шумів і відбитих від стін і стелі звукових хвиль.

Важливим параметром «тихої кімнати» є її захищеність від зовнішніх шумів. Зниження рівнів шуму звукопоглинальними конструкціями, розташованими в приміщенні (у тому числі й стіни, стеля, підлога), визначається акустичної постійної приміщення V_i , що розраховується за формулою

$$V = A / (1 - a_{cp}), \quad (1.5)$$

де: A - еквівалентна площа звукопоглинання, м²;

a_{cp} - середній коефіцієнт звукопоглинання за всіма звукопоглинаючими конструкціями приміщення;

Еквівалентна площа звукопоглинання A розраховується за формулою

$$A = \sum_{i=1}^n a_i S_i + \sum_{j=1}^m A_j n_j, \quad (1.6)$$

де: a_i - коефіцієнт звукопоглинання i -ї огорожувальної поверхні; S_i - площа i -ї огорожувальної поверхні, м²; A_j - еквівалентна площа звукопоглинання j -го штучного поглинача, м²; n_j - кількість j -их штучних поглиначів, шт.

Середній коефіцієнт звукопоглинання розраховується за формулою

$$a_{cp} = A/S_{огр}, \quad (1.7)$$

де:

1. A - еквівалентна площа звукопоглинання,
2. m^2 ; $S_{огр}$ -сумарна площа огорожувальних поверхонь приміщення, m^2 . [7]

2.3 Висновки за розділом 2

У другому розділі ми дослідили існуючі методи конфігурування аудіо систем студійних приміщень. Ми розглянули два основних підходи до реалізації налаштування: метод геометричного конфігурування та цифрове калібрування звуку. Ми вияснили, що обидва методи мають свої переваги та недоліки.

Метод цифрового калібрування звукового потоку у певній мірі передбачений деякими виробниками професійної звуковідтворювальної техніки, але у студіях така апаратура потребує налаштування професіоналами. Метод геометричної конфігурації приміщень потребує великої кількості обчислень за складними формулами, розглянутими у розділі 2.

У дипломній роботі магістра ми здійснимо спробу створити програмно-апаратне рішення конфігурації аудіо систем студійних приміщень шляхом створення прототипу інформаційної технології, що базується на методі геометричного конфігурування.

3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОТОТИПУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КОНФІГУРУВАННЯ АКУСТИЧНИХ СИСТЕМ СТУДІЙ ЗВУКОЗАПИСУ

3.1 Ціль та задачі розроблення прототипу програмного забезпечення

Програмне забезпечення Studio Builder вирішує завдання розрахунку конфігурації акустики студії з урахуванням усіх особливостей заданого приміщення. Рішення даного завдання дозволить визначити оптимальні розрахунки конфігурації налаштування звукових систем.

Першим кроком в проектуванні програмного забезпечення є визначення мети та цілей які він повинен досягти. Прототип програмного забезпечення, створений в рамках цього проекту, повинен надати користувачам можливість визначити найкращу конфігурацію апаратури у приміщенні.

Для того, щоб досягти поставлених цілей потрібно реалізувати комп'ютерний додаток, який буде розраховувати оптимальну конфігурацію акустики студійного приміщення. Додаток також повинен дозволити користувачеві створити обліковий запис для збереження прогресу.

Далі потрібно розділити процес розробки системи на кілька компонентів і кілька етапів.

Серед компонентів можемо виділити:

- сервер розрахунків. Це компонент, який буде відповідати за розрахунки параметрів конфігурацій акустики та приміщення;
- клієнт. Настільний додаток, що дозволить кінцевим користувачам отримати доступ до системи;
- база даних. Компонент, відповідальний за зберігання та взаємодію з даними, необхідними додаткові.

Розробку цих компонентів можна розділити на кілька етапів:

- розробка варіантів використання;
- дизайн та розробка інтерфейсу користувача;
- розробка серверу розрахунків;
- розробка клієнтської частини програми;
- дизайн структури бази даних;
- налагодження взаємодії між створеними компонентами. [18]

Між усіма компонентами потрібно налаштувати взаємодію, яка дозволить без затримок отримувати потрібні данні та робити потрібні розрахунки. Усі взаємодії можна розділити на три основні:

- клієнт-користувач;
- клієнт-сервер розрахунків;
- клієнт-база даних.

Для кожної взаємодії важливо створити прозорий інтерфейс з обох боків взаємодії. [19]

3.2 Аналіз вимог до прототипу ПЗ

3.2.1 Початкові дані

Кожен вибраний компонент має свій набір обов'язків, нічого не знає про реалізацію інших компонентів і забезпечує прозорий інтерактивний інтерфейс.

Клієнт буде реалізований на основі технології Windows Forms.

Процес роботи клієнта можна розбити на наступні елементи:

- робота з БД. Entity Framework буде використовуватися для роботи зі сховищем даних. Це потужний інструмент для роботи з сутностями баз даних, їх контролю та маніпуляціями з даними;
- введення параметрів для апаратури та приміщень.

Робота серверу полягає в отриманні заданих параметрів для апаратури та приміщень. Для отримання заданих параметрів ззовні сервер має відкритий сокет. Сокет отримує інформацію та декодує її. Для правильної обробки вхідної інформації вона повинна відповідати вхідному формату, тобто використовувати правильний формат JSON.

Останнім компонентом є БД. В додатку буде використовуватись SQL Server як СКБД та Entity Framework як фреймворк для роботи з сутностями баз даних. [18]

3.2.2 Побудова діаграм варіантів використання

Діаграма варіантів використання – це вихідне концептуальне подання або концептуальна модель системи в процесі її проектування і розробки.

За допомогою розробки діаграми варіантів використання можна вирішити наступні завдання:

- визначити спільні кордони і контекст модельованої предметної області на початкових етапах проектування системи;
- сформулювати загальні вимоги до функціональної поведінки проектованої системи;
- розробити вихідну концептуальну модель системи для її подальшої деталізації у формі логічних і фізичних моделей;
- підготувати вихідну документацію для взаємодії розробників системи.

Суть цієї діаграми полягає в тому, що проектована система представляється у вигляді множини сутностей або акторів, що взаємодіють з системою за допомогою так званих варіантів використання. При цьому актором (actor) або дійовою особою може бути людина, технічний пристрій, програма або будь-яка інша система, яка може служити джерелом впливу на систему так, як визначить сам розробник. Варіант використання (use case)

служить для опису сервісів, які система надає актору. Інакше кажучи, кожен варіант використання визначає набір дій, який керують системою при діалозі з актором. При цьому про те, яким чином буде реалізовано взаємодію акторів з системою, мова не йдеться. [19]

Діаграма варіантів використання системи включає декількох акторів, серед яких: клієнт, сервер розрахунків, база даних, користувач. Кожен актор має свої функції.

Користувач додатка має функції (рис. 3.1):

- введення параметрів кімнат;
- введення параметрів апаратури;
- перегляд звіту;
- реєстрація.

Клієнт має такі функції (рис. 3.2):

- відображення інтерфейсу;
- отримання параметрів;
- комунікація з БД;
- комунікація з сервером.

Сервер має такі функції (рис. 3.3):

- комунікація з клієнтом;
- розрахунок оптимальної реверберації акустики;
- розрахунок адаптивної звукоізоляції;
- формування проєкції 3д моделі приміщення;
- формування звіту;

БД має такі функції (рис. 3.3):

- зберігання даних.

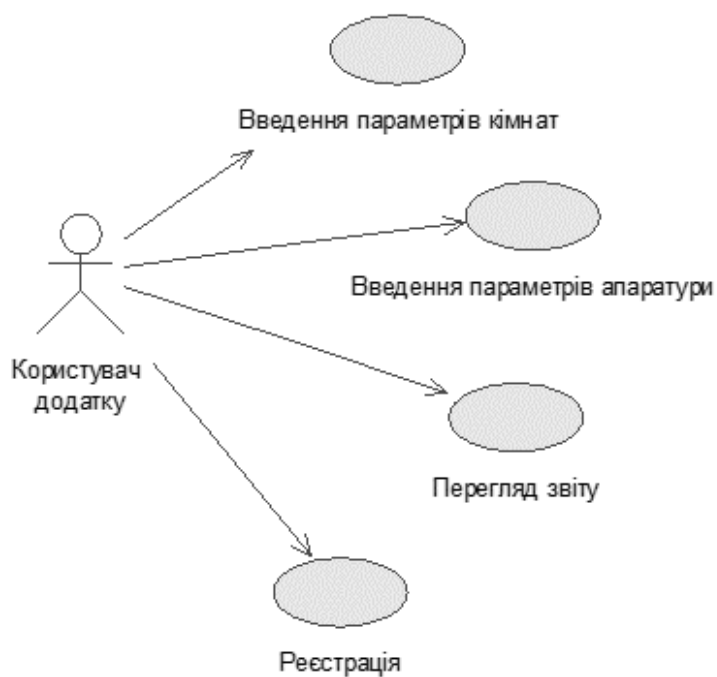


Рисунок 3.1 – Діаграма варіантів використання користувача додатка

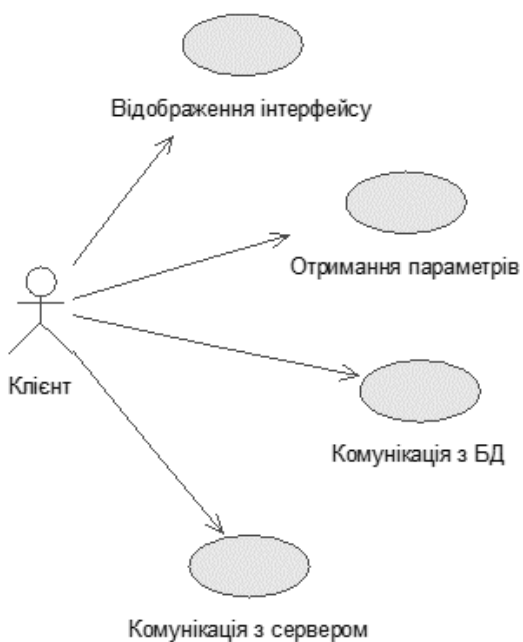


Рисунок 3.2 – Діаграма варіантів використання для клієнта

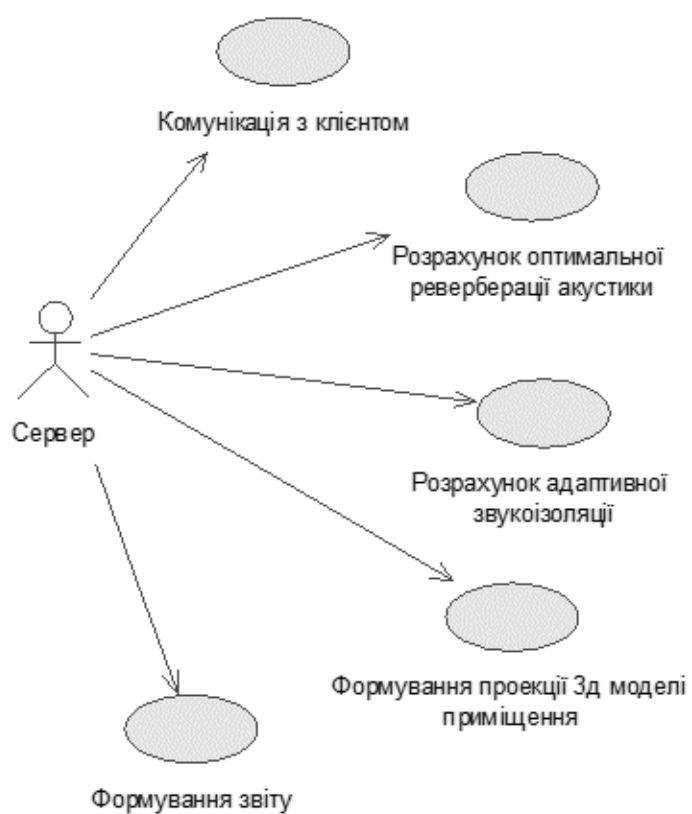


Рисунок 3.3 – Діаграма варіантів використання для серверу



Рисунок 3.4 – Діаграма варіантів використання бази даних

3.2.3 Вимоги до ПЗ

3.2.4 Функціональні вимоги

Функціональні вимоги до ПЗ наступні:

- 1 Користувач системи має наступні можливості:
 - введення параметрів кімнат;
 - введення параметрів апаратури;
 - перегляд звіту;
 - можливість зареєструватися.
- 2 Сервер має наступні можливості:
 - розрахунок оптимальної реверберації акустики;
 - розрахунок адаптивної звукоізоляції;
 - формування проекції 3д моделі приміщення;
 - формування звіту;
 - комунікація з клієнтом.
- 3 Клієнт повинен мати наступні можливості:
 - відображення інтерфейсу користувача;
 - отримання параметрів;
 - комунікація з БД;
 - комунікація з сервером. [22]

3.2.5 Нефункціональні вимоги

До нефункціональних вимог відносяться такі:

У таблиці 3.1 наведені мінімальні системні вимоги до роботи програми на стороні клієнта.

Таблиця 3.1 – Конфігурація ПК для роботи програми на стороні клієнта

Операційна система	Microsoft Windows 7,10
Процесор	Intel Pentium GOLD, AMD64 або краще
Об'єм оперативної пам'яті	2 ГБ

Мінімальні системні вимоги для роботи клієнта наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Конфігурація ПК для роботи програми на стороні сервера

Операційна система	Microsoft Windows Server, Debian, Red Hat
Процесор	Intel Xeon E3-1220 або краще
Об'єм оперативної пам'яті	32 ГБ

Мінімальні системні вимоги для роботи програми та бази даних на стороні сервера наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Конфігурація ПК для роботи програми на стороні сервера

Операційна система	Debian Buster
Інтернет канал	Не нижче 300 мегабіт
Процесор	Intel Xeon E3-1220 або краще
Об'єм оперативної пам'яті	2 ГБ

Необхідне постійне підключення до інтернету;

Форма побудови меню додатка на екрані:

- на формі додатка має бути вікно з введенням параметрів апаратури та приміщень;
- на формі має бути зображено растрове зображення проекції 3д моделі кімнати видом зверху;
- повинна бути можливість закрити додаток, згорнути його або зробити на весь екран. [23]

3.2.6 Специфікації варіантів використання

Сценарії використання, варіанти використання або прецеденти - специфікація послідовностей дій (варіанти послідовностей і помилкові послідовності) які може здійснювати система, підсистема або клас, взаємодіючи із зовнішніми дійовими особами.

Специфікація варіантів використання виконана у вигляді таблиць з описом прецедентів і сценаріїв і наведена в таблицях 3.4 – 3.6.

Таблиця 3.4 – Сценарій введення параметрів

Ім'я	data_input
Назва	Введення параметрів
Опис	Введення параметрів кімнати та апаратури, для розрахунку оптимальної конфігурації
Передумова	Додаток запущено, обрана вкладка введення параметрів
Постумова	Додаток формує звіт
Основний потік	1 Користувач заходить на вкладку Конфігурування. 2 Користувач вводить параметри.
Альтернативний	1 Користувач заходить на вкладку Конфігурування.

потік	<p>2 Користувач вводить не всі параметри.</p> <p>3 Користувачеві виводиться попередження про те, що необхідно ввести всі параметри.</p>
--------------	---

Таблиця 3.5 – Сценарій огляду повного звіту

Ім'я	view_report
Назва	Перегляд повного звіту
Опис	Перегляд сформованого звіту системи
Передумова	Додаток запущено, обрана вкладка перегляду основного звіту
Основний потік	<p>1 Користувач заходить на вкладку Звіт</p> <p>2 Обирає переглянути звіт</p>

Таблиця 3.6 – Сценарій реєстрації

Ім'я	registration.
Назва	Реєстрація.
Опис	Реєстрація користувача у системі.
Передумова	Додаток запущено.
Постумова	Створено запис користувача у базі даних.
Основний потік	<p>1 Користувач відкриває додаток.</p> <p>2 Користувач вводить потрібні дані.</p> <p>3 Користувач натискає кнопку «zareєstrуватись»</p>
Альтернативний потік	<p>1 Користувач відкриває додаток.</p> <p>2 Користувач вводить потрібні дані.</p> <p>3 Користувач отримує повідомлення про те, що введені некоректні дані.</p>
Альтернативний потік	<p>1 Користувач відкриває додаток.</p> <p>2 Користувач вводить потрібні дані.</p>

	3 Користувач отримує повідомлення про те, що користувач з такими даними вже існує.
--	--

3.2.7 Розробка макетів екранних форм

Базуючись на вимогах до ПЗ, створимо діаграму переходів між сторінками інтерфейсу клієнта. Діаграма зображена на рисунку 3.5

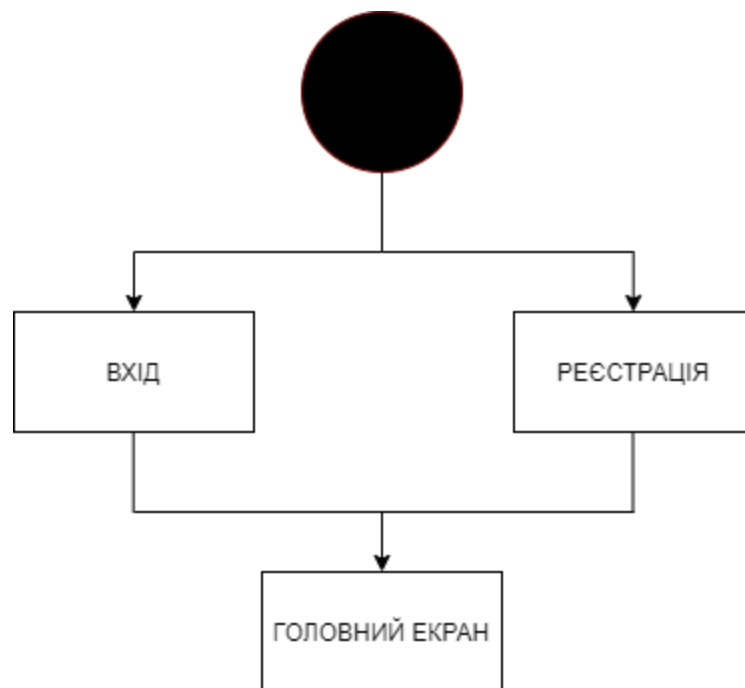


Рисунок 3.5 – Діаграма переходів між сторінками

Макет сторінки логіну зображений на рисунку 3.6

The image shows a wireframe of a login page within a window titled "Container". The main heading is "STUDIO BUILDER" in bold. Below it is the sub-heading "Вхід". There are two input fields: the first is labeled "Логін" and the second is labeled "Пароль". Below the password field are two buttons: "ВВІЙТИ" and "РЕЄСТРАЦІЯ". The entire layout is centered on a grid background.

Рисунок 3.6 – Макет сторінки логіну

Макет сторінки реєстрації зображено на рисунку 3.7

The image shows a wireframe of a registration page within a window titled "Container". The main heading is "STUDIO BUILDER" in bold. Below it is the sub-heading "Реєстрація". There are three input fields: the first is labeled "Логін", the second is labeled "Пароль", and the third is labeled "Повторити пароль". Below the password fields is a single button labeled "РЕЄСТРАЦІЯ". The entire layout is centered on a grid background.

Рисунок 3.7 – Макет сторінки реєстрації

Макет головної сторінки зображено на рисунку 3.8

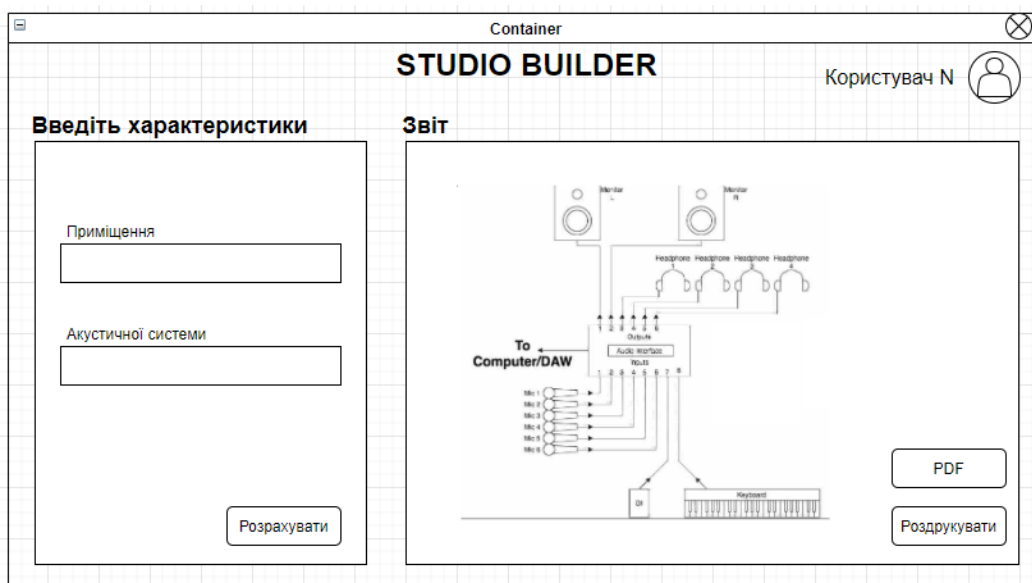


Рисунок 3.8 – Макет головної сторінки

3.3 Архітектурне проектування додатка

Додаток складається з двох основних частин:

- клієнт. Додаток, відповідальний за спілкування з користувачем. Він відображає інтерфейс для користувача, отримує вхідні дані від користувача та взаємодіє із сервером розрахунків та базою даних;
- сервер розрахунків. Розрахунок оптимальної конфігурації апаратури вимагає значних обчислювальних потужностей.

Для розрахунків оптимальної конфігурації апаратури та формування звіту, у вигляді растрового зображення проекції 3д моделі приміщення виду зверху, потрібно обрати шлях комунікації між сервером та клієнтом, що допоможе підтримувати максимальну швидкість зв'язку. Ідеальний вибір - розробити власний протокол спілкування, що значно збільшить складність розробки. Для прототипу додатка було вирішено обрати технологію веб-сокетів та протокол TCP/IP. [24]

Архітектура програмної системи зображена на рисунку

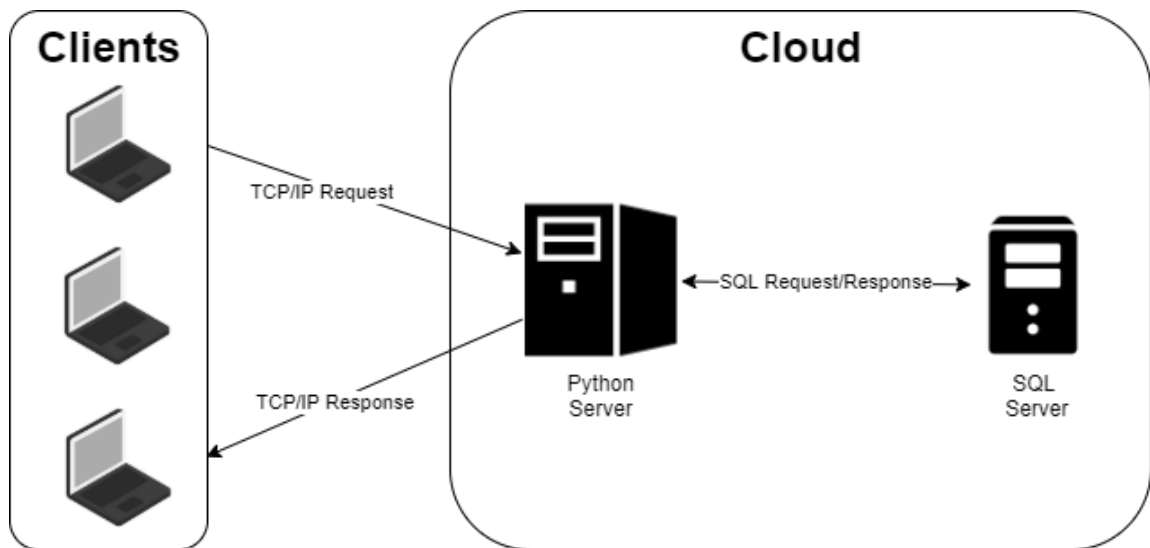


Рисунок 3.9 – Архітектура системи

3.3.1 Вибір і обґрунтування вибору стеку технологій

Вибір стеку технологій є важливим етапом розробки проекту, оскільки він буде залежати від майбутніх витрат на утримання та розширення системи.

Стек технологій також впливає на масштабованість, функціональність та підтримку інших розробників.

Вибираючи стек технологій, слід також звернути увагу на хмарну функціональність розроблених компонентів, вартість та доступність різних опцій на основі хмари.

Так само, вибираючи інструменти, бібліотеки та фреймворки, потрібно звертати увагу на якість їх підтримки та доступність документації. Іншою важливою функцією є потреби розробників на ринку, що визначає існування спільноти, яка також може допомогти вирішити технічні проблеми. [25]

Враховуючи вищезазначені факти, нами було вирішено обрати наступний стек технологій:

- python як мову програмування;
- pip як пакетний менеджер для Python;
- Windows Forms як фреймворк для створення додатка клієнта;
- Nuget як пакетний менеджер для Windows Forms;
- БД – SQL Server.

3.3.1.1 Засоби розробки

Для кожного розробленого компонента існує набір інструментів, які можуть значно полегшити процес розробки. Вибрані інструменти будуть перелічені нижче:

- Visual Studio 2019. Ця IDE була обрана для створення додатка клієнта. Вона підтримується Microsoft і має набір вбудованих інструментів для компіляції, побудови та побудови додатків. Вона має технологію інтелектуального підсвічування коду Intellisens, яка виділяє помилки коду та можливі вдосконалення. Це також допомагає закінчити речення на основі шматка коду, який був написаний. Все це значно прискорює процес розробки додатків. Середовище розробки також підтримує режим "налагодження", який дозволяє втручатися у виконання програми та знаходити можливі помилки, які важко виявити під час статичного аналізу коду. Інтерактивний макет, що підтримує форми інтерфейсу користувача, допомагає створювати інтерфейси користувача швидше та простіше;
- VSodium. Ця IDE є текстовим редактором з підтримкою багатьох інструментів для полегшення розробки. Вона була обрана для написання серверу розрахунків. Важливою частиною VSodium є наявність каталогу плагінів, за допомогою якого можна розширити його функціональність. Для зручнішої розробки ми встановили плагін

- IDE Python, який збільшує можливість інтерактивного освітлення коду, написаного мовою Python;
- Microsoft SQL Server Management Studio. Ця IDE найкраще підходить для розробки та обслуговування баз даних SQL Server. Вона має набір інструментів для створення, налаштування та обслуговування серверів баз даних. Це також допомагає скласти структуру бази даних.

3.3.1.2 Windows Forms

Windows Forms («WinForms») - це бібліотека класів GUI, входить в .NET Framework. Це складна об'єктно-орієнтована оболонка навколо Win32 API, що дозволяє розробляти настільні і мобільні додатки Windows, орієнтовані на .NET Framework. Як і у Windows, все в WinForms - це елемент управління, який сам по собі є типом вікна. Базовий клас Control надає базові функції, включаючи властивості для установки тексту, розташування, розміру і кольору, а також загальний набір подій, які можна обробляти.

3.3.2 Розробка клієнта

У комп'ютерних технологіях трирівнева (або тривимірна) архітектура передбачає наявність наступних трьох рівнів програмного забезпечення, котрі можуть функціонувати на різних платформах. [26]

Presentation layer. Цей рівень призначений для користувача інтерфейсу, розташований на комп'ютері кінцевого користувача (клієнта). Комп'ютери користувачів надають можливість посилати запити та отримувати оброблену інформацію, тобто по суті працюють в режимі "тонкого клієнта", терміналу. Термінал - це інтерфейсний (зазвичай графічний) компонент, що представляє перший рівень, власне додаток для кінцевого користувача. Перший рівень не може мати прямих зв'язків із базою даних (за вимогами безпеки), бути

навантаженим основною бізнес-логікою (за вимогами масштабованості) і зберігати стан додатка (за вимогами надійності). На перший рівень зазвичай виноситься найпростіша бізнес-логіка: інтерфейс авторизації, алгоритми шифрування, перевірка введених значень на допустимість і відповідність формату, нескладні операції (сортування, угруповання, підрахунок значень) з даними, вже завантаженими на термінал.

У програмному забезпеченні Studio Builder цей рівень включає компоненти для користувача інтерфейсу, механізм отримання введення від користувача. Стосовно до asp.net mvc на цьому рівні розташовані уявлення і всі ті компоненти, що складають призначений для користувача інтерфейс (стилі, статичні сторінки html, javascript, React), моделі уявлень, контролери, об'єкти контексту запиту.

Business layer. Рівень бізнес-логіки й обробки даних. Цей проміжний рівень розташовується на сервері і часто називається сервером додатка.

Важливою частиною бізнес-логіки також є WebJobs Manager, який для подальшого перенесення розпізнаних даних до бази даних забезпечує їх внесення на сервер. Так, поза класами бізнес-логіки лишаються лише класи, що забезпечують доступ до бази даних, компоненти, котрі мають пряму взаємодію з користувачем і класи які отримують дані з цих компонент і передають їх на бізнес-логіку.

Data Access layer (рівень доступу до даних). Це останній рівень програмного забезпечення. Data Access layer зберігає моделі для описування структури даних, також тут розміщуються специфічні класи для роботи з базою даних, клас контексту даних Entity Framework. Тут зберігаються репозиторії, через які рівень бізнес-логіки взаємодіє з базою даних.

Всі рівні розділені між собою прошарками інтерфейсів, що забезпечує їх повну незалежність і відсутність прямих зв'язків. Також варто відзначити, що всі компоненти зв'язуються між собою виключно через бізнес-логіку, і не мають прямого доступу один до одного. Це забезпечує повний контроль над

даними, що надходять або витягуються з бази даних [21].

На рисунку 3.11 можна побачити структуру архітектури клієнта

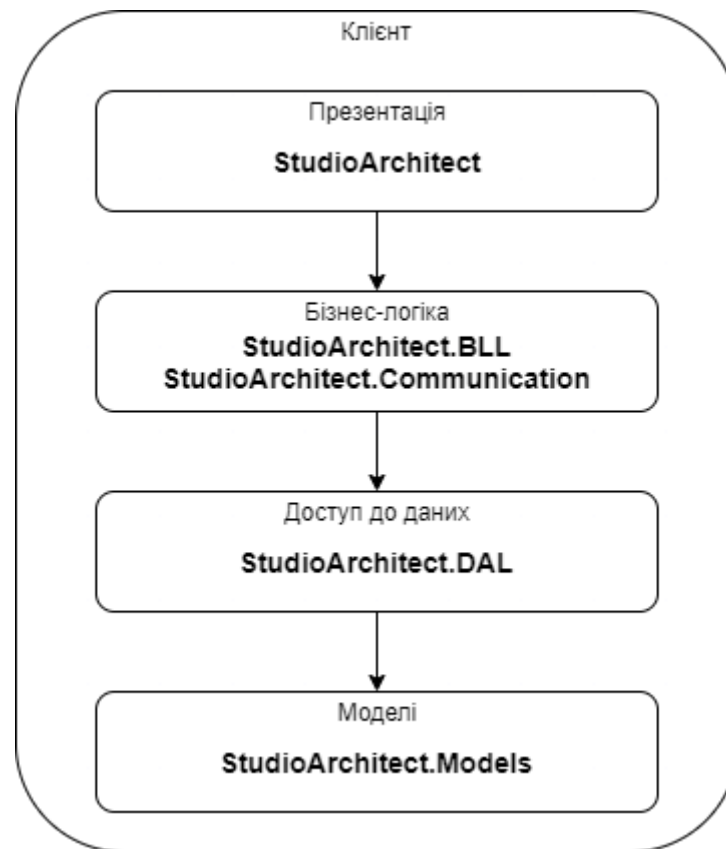


Рисунок 3.10 – Архітектура клієнта

3.3.3 Розробка бази даних

В якості СКБД використовується SQL Server. Серед сутностей присутні відношення, тому була обрана реляційна база даних.

3.4 Детальне проектування класів (опис методів класів) для реалізації підсистем

Згідно з функціональними вимогами до ПЗ, доцільною є декомпозиція додатка на декілька класів тим самим дотримуючись принципу єдиної відповідальності та покращуючи загальну архітектуру додатка.

В результаті декомпозиції були розроблені наступні компоненти:

- Рівень презентації:
 - MainForm;
 - LoginForm;
 - RegistrationForm;
 - Program.
- Рівень бізнес логіки:
 - AuthorizationService;
 - ConfigurationManager;
 - LevelArchitect;
 - LeverService;
 - UserService.
- Рівень доступу до даних:
 - DatabaseInitializer;
 - DataContext;
 - Repository;
 - UnitOfWork.
- Рівень комунікації:
 - Client.
- Моделі:
 - Level;
 - User.

3.5 Розробка інтерфейса

Інтерфейс додатка був розроблений на основі функціональних вимог, а також з дотриманням основних правил створення інтерфейсів користувача.

Нижче, на рисунку 3.12, можна побачити форму логіну. Вона з'являється в самому початку роботи з додатком. Форма використовується для входу у додаток. Вхід потрібен для отримання інформації щодо користувача, його прогресу та інших даних.

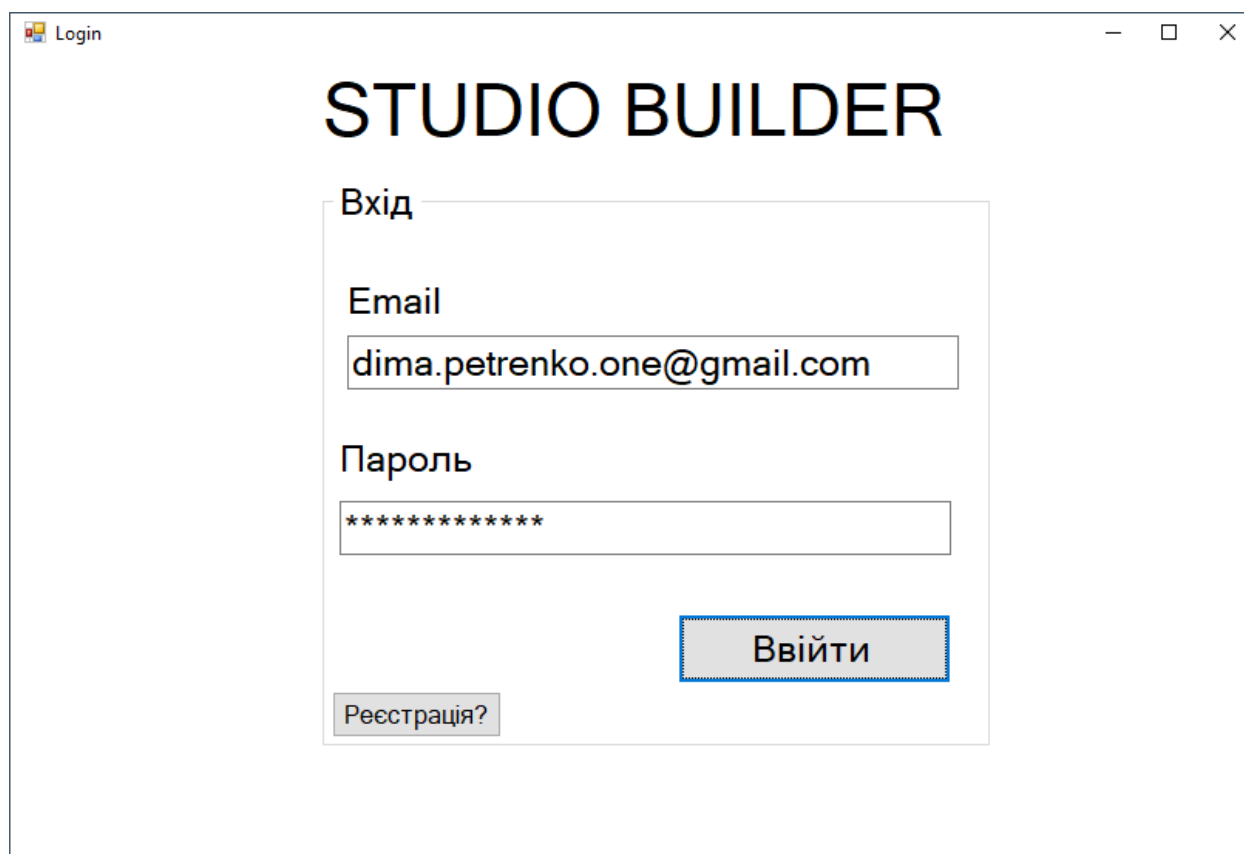
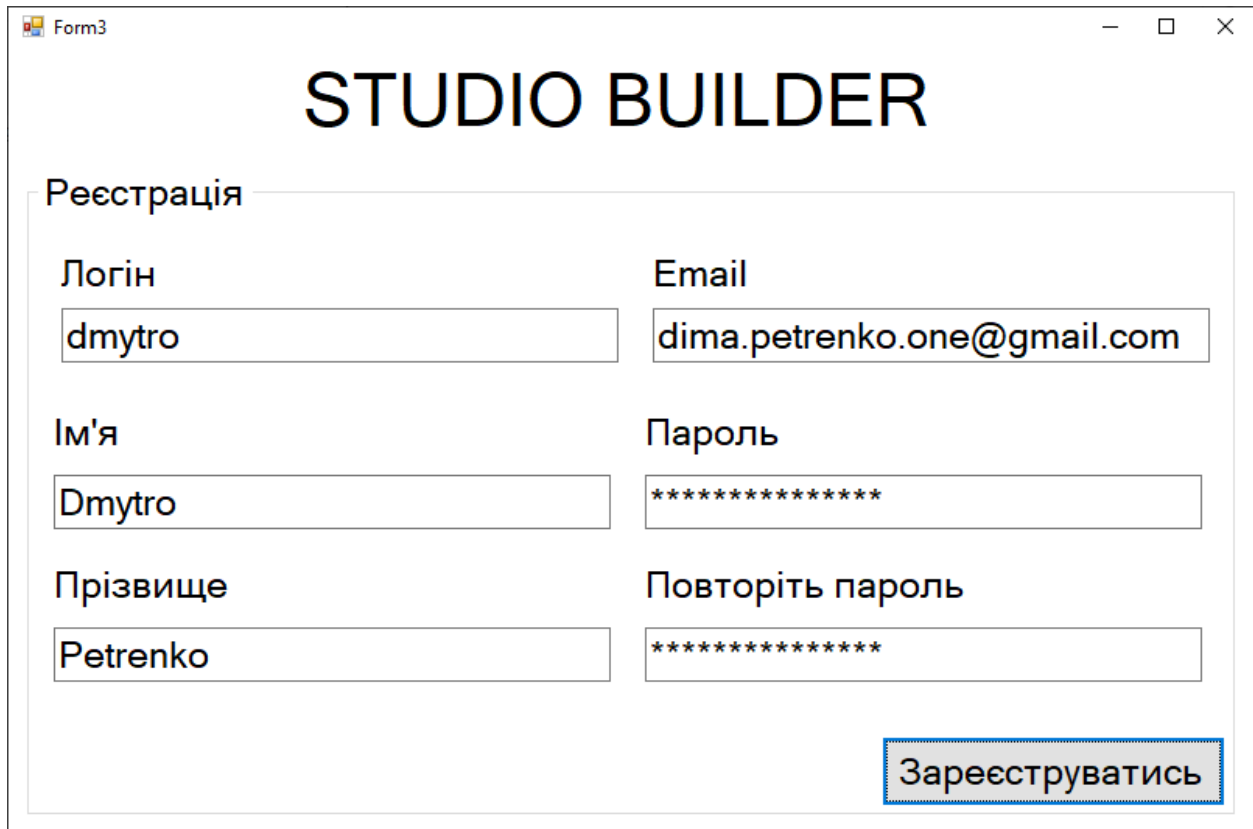
The image shows a screenshot of a web application window titled "Login". The main heading is "STUDIO BUILDER" in large, bold, black letters. Below the heading is a form with the following elements: a label "Вхід" (Login) above the form area; an "Email" label above a text input field containing "dima.petrenko.one@gmail.com"; a "Пароль" (Password) label above a text input field containing "*****"; a "Ввійти" (Login) button with a blue border and a grey background; and a "Реєстрація?" (Registration?) button with a grey background. The window has standard OS window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner.

Рисунок 3.11 – форма логіну

Якщо користувач не має створеного облікового запису у системі, то він має можливість створити її, перейшовши на форму реєстрації. Її можна побачити на рисунку 3.13.



The image shows a screenshot of a registration form window titled "STUDIO BUILDER". The window has a title bar with "Form3" and standard window controls. The form is titled "Реєстрація" (Registration) and contains the following fields:

Логін	Email
dmytro	dima.petrenko.one@gmail.com
Ім'я	Пароль
Dmytro	*****
Прізвище	Повторіть пароль
Petrenko	*****


A "Зареєструватись" (Register) button is located at the bottom right of the form.

Рисунок 3.12 – форма реєстрації

Після того як обліковий запис створено та виконано вхід в систему користувач матиме змогу побачити основне вікно додатка. Воно зображене на малюнках 3.14-3.16.

StudioBuilder

STUDIO BUILDER

dmytro 

Введіть характеристики:

Приміщення

Матеріал стін

Наприклад: ВисотаХДовжинаХШирина

стіна 1

стіна 2

стіна 3

стіна 4

Акустичної системи

Тип Вид

Потужність, Вт Root Mean Squared (R

Частотний діапазон

Розрахувати

Звіт


PDF

Роздрукувати

Рисунок 3.13 – основне вікно додатка

StudioBuilder

STUDIO BUILDER

dmytro 

Введіть характеристики:

Приміщення

Бетон

Наприклад: ВисотаХДовжинаХШирина

240x420x90

240x420x90

240X310X90

240X310X90

Акустичної системи

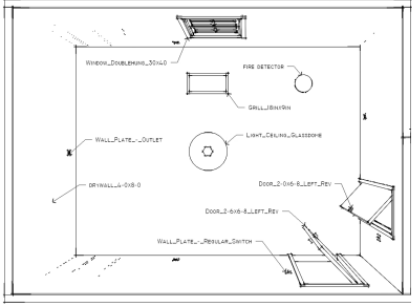
Актив Монітори студійні

50 Вт RMS 50 Вт

75 Гц - 18 кГц

Розрахувати

Звіт



PDF

Роздрукувати

Рисунок 3.14 – основне вікно додатка

3.6 Висновки до розділу 3

У цьому розділі було сформовано цілі та задачі для розробки прототипу програмного засобу:

- проєктування і розробка дизайну користувацького інтерфейсу, робота над досвідом взаємодії;
- розробка користувацького інтерфейсу і клієнтської частини додатка;
- проєктування структури бази даних, розробка сервера розпізнання, інтеграція з базою даних.

На основі вимог та специфікацій варіантів використання були спроектовані макети екранних форм.

Після вибору архітектури програмного засобу для клієнта, сервера та їх взаємодії, було проведено вибір стеку технологій, необхідних для реалізації описаної нами логіки зі зручним та інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом.

За основу користувацького прототипу програмного засобу була обрана бібліотека Windows Forms яка надає функціонал для отримання та обробки даних від користувача.

Мовою програмування для реалізації клієнта було обрано C#. В якості СКБД було обрано Microsoft SQL Server.

ВИСНОВКИ

В результаті написання дипломного проекту магістра на тему «Інформаційна технологія конфігурування акустичних систем у студії звукозапису» було виконано аналіз проблематики налаштування студійної апаратури.

Було проведено аналіз існуючих моделей і методів конфігурування аудіо систем, в результаті чого було вибрано метод, на основі якого працюватиме додаток.

Виконано аналіз вимог до програмного забезпечення. Побудована концептуальна модель клієнтської і серверної частин програмного засобу, описані специфікації варіантів використання, розроблені макети екранних форм додатка.

Виконано проектування програмного забезпечення. Розроблено модель архітектури клієнта, спроектовані класи, побудована діаграма компонентів і діаграма розгортання. Обґрунтовано вибір середовища розробки та мови програмування, обґрунтований вибір СКБД для реалізації програмного продукту. Виконано декомпозицію проекту, описані методи класів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Акустика: Справочник/ А.П.Ефимов, А.В.Никонов, М.А. Сапожков, В.И. Шоров; ред. М.А. Сапожкова. –2 изд. перераб. и доп. – Москва: Радио и связь, 1986. – 336 с.: ил.
2. Carl Dorwaldt of Rencus–Heinz EASE 4.1 Tutorial/[Wolfgang Ahnert Stefan Feistel Dr.Waldemar Richert, Frank Siegmann, Karen Irmscher, Emad El–Saghir, Bruce Olson of ADA(Acoustic Design Ahnert) Berlin, Germany]; prepared by Carl Dorwaldt of Rencus–Heinz, inc. Footlich Ranch, California USA.
3. System for configuration and management of live sound system [электронный ресурс] / доступ до ресурсу: <https://patents.google.com/patent/US9661428B2/en>
4. System and method for audio system configuration [электронный ресурс] / доступ до ресурсу: <https://patents.google.com/patent/US8280076B2/en>.
5. Sound system and method of sound reproduction [электронный ресурс] / доступ до ресурсу: <https://patents.google.com/patent/US7254239B2/en>.
6. Surround sound system [электронный ресурс] / доступ до ресурсу: <https://patents.google.com/patent/US9319794/en>.
7. Меерзон Б.Я. «Акустические основы звукорежиссуры. Оборудование студий.»–М., 1996. –261 с.
8. Замятина А.В., Сухомлинова В.В «Алгоритм расчёта первых отражений на основе геометрической модели»[Электронный ресурс] // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», №3 2012 <http://naukovedenie.ru/sbornik12/12-89.pdf> (доступ свободный) –Загл. с экрана. –Яз. рус.

9. Ньюэлл Ф.Р. «Звукозапись: акустика помещений.» / Пер. с англ. под ред. А.Кравченко – М., 2004. – 197 с.
10. Григорян М.Н., Григорян Р.Л. «Создание помещения для звукозаписи с использованием современных материалов». «Научное обозрение» №6-2012
11. В. Т. Грінченко, І. В. Вовк, В. Т. Маципура Основы акустики. — К: Наукова думка, 2007. — 640 с.
12. Звук // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп. т.). — СПб., 1890—1907.
13. Радзишевський Олександр Юрійович. Основы аналогового и цифрового звука. — М. : Вільямс, 2006. — С. 288. — ISBN 5-8459-1002-1.
14. Клюкин И. И. Удивительный мир звука. — Л.: Судостроение, 1979. — 94 с.
15. Н. Хаас. The Influence of a Single Echo on the Audibility of Speech. „Journal of the Audio Engineering Society”. 20 (2), ss. 146-159, 1972 '.
16. Leo Beranek: Concert and Opera Halls – How They Sound. USA: Acoustical Society of America, 1996.
17. L. Cremer, H.A. Müller: Principles and Applications of Room Acoustics. Londyn: Applied Science, 1982.
18. Избачков Ю.С. Информационные системы: Учебник для вузов [Текст] / Ю.С.Избачков, Петров В.Н. - Санкт-Петербург, 2006. - 656 с.
19. Марченко А.Л. С#. Введение в программирование [Текст] : Учебное пособие - М., 2005. - 258с.
20. Трехуровневая архитектура Internet и Intranet [Электронный ресурс] - <http://portal.tolgas.ru/start.asp?r=1620&o=13&e=559&sc=23&mn=mn1>.
21. Кристиан Нейгел и др. С# 5.0 и платформа .NET 4.5 для профессионалов [Текст] - М.: «Диалектика», 2013. - 1440 с

22. Гульяев, А. К. Проектирование и дизайн пользовательского интерфейса [Текст] / В. А. Машин. – Корона-Принт, 2007. – 500 с.

23. Ларман, Крэг Применение UML и шаблонов проектирования. 2-е издание. [Текст]: Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 624 с.

24. Избачков Ю.С. Информационные системы: Учебник для вузов [Текст] / Ю.С.Избачков, Петров В.Н. - Санкт-Петербург, 2006. - 656 с.

25. Марченко А.Л. С#. Введение в программирование [Текст] : Учебное пособие - М., 2005. - 258с.

26. Трехуровневая архитектура Internet и Intranet [Электронный ресурс] - <http://portal.tolgas.ru/start.asp?r=1620&o=13&e=559&sc=23&mn=mn1>.

27. Кристиан Нейгел и др. С# 5.0 и платформа .NET 4.5 для профессионалов [Текст] - М.: «Диалектика», 2013. - 1440 с

28. Трехуровневая архитектура Internet и Intranet [Электронный ресурс] - <http://portal.tolgas.ru/start.asp?r=1620&o=13&e=559&sc=23&mn=mn1> -

29. Головач В.В. Дизайн пользовательского интерфейса [Текст] , 2000. - 791 с.

30. Роджерсон Д. Основы COM [Текст] , 2000. - 253 с.

31. Адам Фримен. ASP.NET MVC 4 с примерами на С# 5.0 для профессионалов, 4-е издание [Текст] - М.: «Вильямс», 2013. - 688 с.

32. Джесс Чедвик и др. ASP.NET MVC 4: разработка реальных веб-приложений с помощью ASP.NET MVC [Текст] - М.: «Вильямс», 2013. - 432 с.

33. Липпман С.Б. С++ для начинающих [Текст] , 2010. - 891 с.

34. Джон Скит. С# для профессионалов: тонкости программирования, 3-е издание, новый перевод [Текст] - М.: «Вильямс», 2014. - 608 с.

35. Кнут Д., Искусство программирования для ЭВМ. Т.1 - «Основные алгоритмы» [Текст] /- М.: Мир, 1976.

36. Бизнес-план создания программного продукта: учеб. Пособие / О.М. Пархоменко, Л.Ф. Пудовкина, А.Г. Осиевский и др. – Х. : Нац. Аэрокосм. Ун-т «Харьк. Авиац. Ин-т», 2008. – 98с.