

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА АКУСТИКИ ТА АКУСТОЕЛЕКТРОНІКИ**

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації)

171 Електроніка

(код і назва спеціальності)

на тему: Дослідження проблем створення і акустичного розрахунку сучасних
домашніх кінотеатрів

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи

ДГ-71мп

(шифр групи)

Пономаренко Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник доц. каф. А та АЕ к.т.н. Богданова Н.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

(підпис)

Київ – 2018

Завдання на магістерську дисертацію

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) факультет електроніки

Кафедра акустики та акустoeлектроніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Дідковський В.С.

(підпис)

«_____» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Пономаренко Владислав Олександрович

1. Тема дисертації «Дослідження проблем створення і акустичного розрахунку сучасних домашніх кінотеатрів»,

Керівник дисертації доцент Богданова Наталія Володимирівна

затверджені наказом по університету від «07» листопада 2018р. № 4114с.

2. Термін подання студентом дисертації: 9.12.2018 р.

3. Об'єкт дослідження: звукові поля, що створюються комплектом апаратури домашнього кінотеатру

4. Вихідні дані: Каталоги фірм-виробників акустичних домашніх кінотеатрів та рекомендації, щодо коректного розташування апаратури в приміщенні.

5. Перелік завдань:

5.1. Аналіз і узагальнення інформації про вибір і розміщення апаратури домашнього кінотеатру в приміщенні типової кімнати в багато поверховому будинку на базі секцій.

5.2. Розробити алгоритм розрахунку акустичного поля та реалізувати його за допомогою програмного пакету MatLab.

5.3. Провести необхідні перетворення у приміщенні.

6. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо): Презентація в середовищі MS PowerPoint

7. Орієнтований перелік публікацій:

1) Богданова Н.В., Гайдаенко В.Г., Пономаренко В.А., Фурсенко В.В. Принцип построения и расчет помещения для домашнего кинотеатра. East European Scientific Journal. #10(38), 2018 part 2, Pp. 14-21

2) Богданова Н.В., Фурсенко В.В., Пономаренко В.А., Гайдаенко В.Г. Компьютерное моделирование системы излучателей в виде двойного линейного массива. East European Scientific Journal. #10(38), 2018 part 2, Pp. 67-72.

3) Богданова Н.В., Фурсенко В.В., Пономаренко В.А., Гайдаенко В.Г. Проблемы создания и акустического расчета современных домашних кинотеатров. East European Scientific Journal. #10(38), 2018 part 2, Pp. 73-79.

4) Пономаренко В.О. Моделювання акустичного поля у приміщенні домашнього кінотеатру. I Всеукраїнська науково-технічна конференція сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем. Тези доповідей 26-28 листопада 2018 р. м. Київ. С. 27-28

8. Дата видачі завдання: 01.09.2018 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір та вивчення джерел інформації для написання дипломної роботи; складання бібліографії наукових джерел	13-27.09.2018	
2	Складання плану дипломної роботи	28.09-06.10.2018	
3	Підготовка та написання першого розділу	07-20.10.2018	
4	Підготовка та написання другого розділу	21.10-26.10.2018	
5	Підготовка та написання третього розділу	26-07.11.2018	
6	Підготовка та написання четвертого розділу	07-14.11.2018	
7	Написання анотації, вступу, розділу стартапу та висновків	15-30.11.2018	
8	Виправлення зауважень	16-22.05.2018	
9	Оформлення дипломної роботи	02.12-7.12.2018	
10	Здача оформленої роботи на кафедрі	14.12.2018	
11	Захист дипломної роботи	19.12.2018	

Студент

(підпис)

Пономаренко В. О.

Керівник роботи

(підпис)

Богданова Н. В.

Анотація

Дисертація містить основну частину на 87 аркушах, 33 ілюстрацій.

Об'єктом дослідження є звукові поля, що створюються комплектом апаратури домашнього кінотеатру і виконання обґрунтованого вибору, розміщення і облаштування системи в окремо узятому житловому приміщенні.

Мета роботи – дослідити залежність утвореного звукового поля в домашньому кінотеатрі в залежності від обраного комплекту апаратури і розміщення його елементів в облаштованому житловому приміщенні.

Розроблений алгоритм розрахунку акустичного поля було реалізовано за допомогою програмного комплексу MatLab.

Після аналізу отриманих для реального приміщення результатів можна зробити висновок, що при створенні домашнього кінозалу треба враховувати параметри і особливості приміщення, обґрунтовано підійти до вибору і розміщення апаратури системи домашнього кінотеатру у ньому.

Ключові слова: акустичні системи; акустика приміщень; домашній кінотеатр; звукове поле; системи звучання.

Summary

The thesis contains the main part on 87 sheets, 33 illustrations.

The object of the study is the sound fields created by the set of equipment of the home theater and the implementation of a reasonable choice, placement and arrangement of the system in a separate residential area.

The purpose of the work is to investigate the dependence of the generated sound field in the home theater, depending on the selected set of equipment and the placement of its elements in a well-equipped dwelling.

The developed algorithm for calculating the acoustic field was implemented using the MatLab software package.

After analyzing the results obtained for real rooms, we can conclude that when creating a home cinema room, it is necessary to take into account the parameters and features of the room, it is reasonable to approach the selection and placement of the equipment of the home theater system in it.

Key words: acoustic systems; acoustics of rooms; home cinema; sound field; sound system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМИ ДОМАШНЬОГО КІНОТЕАТРУ	5
1.1. Навколишній звук і його формати	5
1.2. Компоненти системи домашнього кінотеатру	7
1.2.2. Відеодисплей	9
1.3. Акустичні системи	9
1.3.1. Види акустичних систем	9
1.3.2. Основні характеристики акустичних систем	12
1.4. Гучномовці в домашньому кінотеатрі	23
1.4.1. Гучномовець центрального каналу	26
1.4.2. Лівий і правий фронтальні гучномовці.....	27
1.4.3. Гучномовці каналу оточення	28
1.4.4. Сабвуфери	29
1.5. Вибір гучномовців для системи домашнього кінотеатру	30
1.6. Розміщення гучномовців	33
1.6.1. Розміщення гучномовців каналу оточення.....	33
1.6.2. Розміщення центрального гучномовця.....	35
1.6.3. Розміщення лівого і правого фронтальних гучномовців	36
1.6.4. Розміщення сабвуфера.....	37
1.7. Розміщення акустичних систем домашнього кінотеатру в приміщеннях різної площі.....	38
1.8. Налаштування апаратури домашнього кінотеатру	39
1.9. Тенденції сучасного ринку домашніх кінотеатрів.....	40
РОЗДІЛ2. ОЗВУЧУВАННЯ ПРИМІЩЕННЯ ДОМАШНЬОГО КІНОТЕАТРУ	43
2.1. Основні показники та вимоги до систем озвучування.....	43
2.2.Класифікація систем озвучування.....	46
2.3.Гучномовці в системах озвучування	48
2.4. Розрахунок системи озвучування в приміщенні домашнього кінотеатру	50
2.5. Програма для розрахунку акустичного поля в приміщенні домашнього кінотеатру.....	53
2.6. Опис апаратури використовуваної в експерименті з моделювання акустичного поля приміщення для домашнього кінотеатру.....	57

2.7. Акустичні поля домашніх кінотеатрів	60
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ДОМАШНЬОГО КІНОТЕАТРУ	65
3.1. Опис і розрахунок приміщення для домашнього кінотеатру	65
3.2. Розстановка апаратури в приміщенні домашнього кінотеатру	71
3.3. Розрахунок звукоізоляції в приміщенні домашнього кінотеатру	72
3.4. Моделювання акустичного поля в приміщенні домашнього	75
кінотеатру	75
РОЗДІЛ 4. СТАРТАП-ПРОЕКТ	79
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86

ВСТУП

В останні кілька років в Україні з'явилася тенденція до установки систем домашніх кінотеатрів в житлових приміщеннях квартир багатопверхових будинків на базі секцій. У зв'язку з чим виробники аудіо та відео техніки, такі як Microlab, Philips, JBL, Harman-Kardon і т.д., пропонують безліч різних моделей систем домашніх кінотеатрів в широкому ціновому діапазоні. Як у вигляді, так званих, «комплектів кінотеатрів в одній коробці», так і ексклюзивних дизайнерських моделей під звучною слоганом, що «звук можна побачити». Але при цьому не враховується, що домашній кінотеатр - це складна система відтворення відеозображення і високоякісного звуку, які разом створюють повномасштабний «ефект присутності» при перегляді кінофільмів. І для її належного функціонування потрібно, як мінімум, спеціально акустично підготовлене приміщення з правильно підбраною для нього і коректно розставленою апаратурою для домашнього кінотеатру. Актуальним при цьому стає ряд проблем, а саме вибору, розміщення обладнання для домашнього кінотеатру і акустичного розрахунку приміщення домашнього кінозалу, а також як буде співвідноситись майбутній кінозал з іншими житловими приміщеннями. Тобто, які заходи необхідно вжити, щоб ізолювати кінозал від «зовнішнього середовища» (шум побутових приладів, вентиляційної системи, гуркіт сміттєпроводу, шум у шахті ліфта, і особливо звукоізоляція вікон і дверей), і навпаки, «зовнішнього середовища» від кінозалу, адже середній рівень гучності для домашнього кінотеатру становить 90-100 дБА.

Магістерська робота складається з трьох розділів. У першому розділі роботи детально розглянуті формати об'ємного звуку, описані компоненти системи домашнього кінотеатру, а також розкриті питання, пов'язані з їх вибором і основними принципами розміщення в приміщенні домашнього кінозалу.

У другому розділі магістерської роботи описана теорія озвучування приміщень, а також написана на її основі програма, що працює в програмному математичній середовищі MatLab, для розрахунку акустичного поля в приміщенні домашнього кінозалу з апаратурою розставленою по референсній схемі розміщення апаратури систем домашніх кінотеатрів, і характеристик звукового поля в зоні прослуховування. Описано ряд експериментів з моделювання за допомогою розробленої програми акустичних полів для найбільш популярних моделей домашніх кінотеатрів на ринку України.

В останньому розділі роботи наведено повний акустичний розрахунок приміщення, в якому встановлена система домашнього кінотеатру і змодельоване для нього звукове поле програмою у MatLab.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМИ ДОМАШНЬОГО КІНОТЕАТРУ

Домашній кінотеатр - це система відтворення багатоканального звуку з повноекранним відеозображенням, які створюють повномасштабний «ефект присутності» при перегляді кінофільмів в домашніх умовах. Ефект домашнього кінотеатру заснований на психологічному сприйнятті людиною звукової та відео інформації. Домашній кінотеатр являє собою сукупність цифрового або аналогового джерела високоякісного відеосигналу, пристрою формування відеозображення, звукового тракту і приміщення для перегляду. У цьому розділі роботи детально розглянемо формати об'ємного звуку, компоненти системи домашнього кінотеатру і основні принципи розташування їх в приміщенні домашнього кінозалу.

1.1. Навколишній звук і його формати

Домашній кінотеатр зобов'язаний своїм існуванням відтворення в домашніх умовах багатоканальної стереофонії, так званого навколишнього звуку. Замість двох гучномовців, розташованих перед глядачем, що характерно для двоканальних стереосистем, в домашньому кінотеатрі глядача оточує відразу п'ять акустичних систем (навіть шість при наявності сабвуфера). Три з них розташовуються перед глядачем, а дві системи, за рахунок яких і створюється навколишній звук, - позаду або з боків від слухачів.

У той час як звичайний двоканальний стереозвук утворює акустичне поле тільки перед слухачем, навколишній звук створює ідеальне акустичне поле, що обволікає слухача з усіх боків. При використанні навколишнього звуку слухачі відчують себе учасниками того, що відбувається на екрані події, а не просто пасивними спостерігачами, посилюючи відчуття реальності того, що відбувається на екрані. Саме навколишній звук дає відчуття залученості, робить переживання від перегляду фільму настільки захоплюючими

Можливість створення навколишнього звуку в домашньому кінотеатрі забезпечується завдяки застосуванню формату об'ємного звуку. В даний час використовується кілька різних форматів, але найчастіше в домашніх кінотеатрах застосовують «Dolby Surround», «Dolby Digital» або ж AC-3 і «DTS Digital Surround».

«Dolby Surround» є першим звуковим форматом, розробленим в 70-і роки для кінотеатрів. Принцип дії «Dolby Surround» полягає в використанні матричної системи перетворення чотирьох звукових каналів в два з метою запису інформації, що передається по ним на носій інформації. Застосування спеціальних Dolby-декодерів дозволяє перетворювати звукову інформацію з двох каналів для стерео системи в чотири канали, які будуть відтворюються через праві, ліві, центральний і тиліві гучномовці.

Формат «Dolby Pro Logic» має дещо вдосконалену схему декодування, ніж «Dolby Surround», і відрізняється тим, що забезпечує отримання центрального каналу, краще розділення сигналів окремих каналів і більш точний збіг локалізації звуків відповідно до того, що відбувається на екрані.

Сучасний формат багатоканального об'ємного звуку «Dolby Digital» є цифровим форматом, в якому передбачено шість дискретних (розділених) звукових каналів. Їх дискретність дозволяє виключити можливість небажаного просочування звуку з одного каналу в інший, що дозволяє лівій і правій фронтальній акустичній системі відтворювати абсолютно незалежні сигнали, на відміну від формату «Dolby Surround». Ще однією перевагою даного формату є наявність абсолютно незалежного каналу передачі додаткової низькочастотної інформації, що дозволяє забезпечити найкращу передачу звуків, що виникають при вибухах і ударах.

«Digital Theater Systems» (DTS, цифрові системи для кінотеатрів) - це формат багатоканального об'ємного звуку, що забезпечує більш високу якість звучання, ніж «Dolby Digital», і дозволяє в домашніх умовах відтворити як 5.1-канальний об'ємний звук, так і схему каналів 7.1, яка використовує додаткову пару тилівих акустичних систем [1, 2].

1.2. Компоненти системи домашнього кінотеатру

Коротко розглянемо основні компоненти з яких складається система домашнього кінотеатру, повна схема якої приведена рис. 1.1, і складається з:

- компонентів-джерел: персонального комп'ютера або ноутбука, стаціонарного медіаплеєра або тв-приставки;
- AV-процесора - багатоканального комутатора аудіо і відеосигналів з декодерами цифрового аудіопотока і тюнером, який розрахований на спільну роботу з підсилювачем потужності.
- багатоканального підсилювача потужності, що подає сигнал на п'ять гучномовців (аудіо / відеореєвер)
- п'яти або шести гучномовців, якщо використовується сабвуфер, для відтворення багатоканальної фонограми фільму;
- відеомонітора або проектора та екрану для проектора;
- кабелів для з'єднання всіх перерахованих вище компонент, а також необхідних для їх розміщення стійок [2].

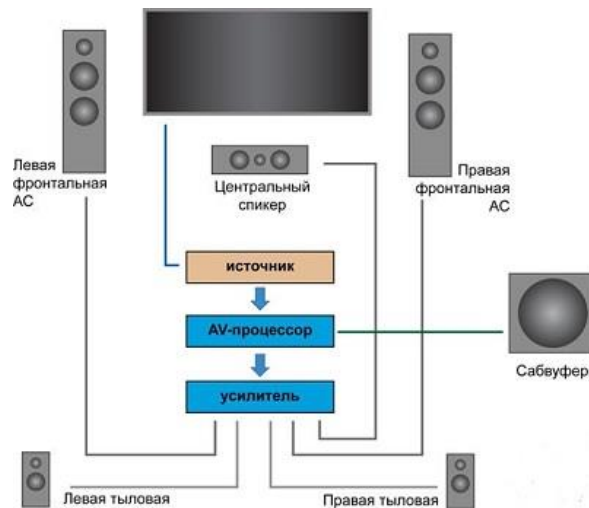


Рис. 1.1. Схема повної системи домашнього кінотеатру

1.2.1. Контролери для домашнього кінотеатру, підсилювачі потужності

Завдання поділу (декодування) 2-канального сигналу «Dolby Surround» або сигналу «Dolby Digital» на лівий, правий, центральний і навколишні канали виконує AV-процесор. Крім функцій декодування об'ємного звуку, цей контролер служить також «центральною вузловою станцією» всієї системи домашнього кінотеатру. Він отримує аудіо або відеосигнали від компонентів -джерел, вибирає котрий з них буде декодований і посилений в аудіосистемі домашнього кінотеатру, і подає інформацію далі на відеомонітор для відображення. Контролер також виробляє цифрову обробку сигналу, встановлює його загальний рівень і здійснює точне підстроювання рівнів окремих каналів. На виході контролер має 6 низькорівневих сигналів (сигналів лінійного рівня): лівий, центральний, правий, лівий оточення, правий оточення і канал сабвуфера.

Ці шість роздільних вихідних каналів надходять на 5-канальний підсилювач потужності (плюс ще один додатковий сабвуферний канал), який підсилює сигнал до рівня, достатнього для відтворення через гучномовці для домашнього кінотеатру. У такому підсилювачі потужності все п'ять каналів змонтовані на одному шасі. У

багатьох сабвуферних гучномовцях використовуються власні вбудовані підсилювачі потужності.

Відсутність підсилювача потужності в AV-процесорі свідчить про більш високий клас системи, так як в пристрої немає потужного трансформатора і каскаду посилення які чинять негативний вплив на процесори відео і аудіо обробки. AV-процесор має широкі можливості аудіо-відео комутації та обробки цифрового аудіо. [2].

1.2.2. Відеодисплей

Домашній кінотеатр - це не тільки звук, але і головним чином-зображення. Високу якість зображення може забезпечити тільки телевізор з достатньо великим розміром екрану, або відео проектор. Нові моделі відеопроєкторів, в яких застосовуються панелі на рідких кристалах, відрізняються малими розмірами і великою яскравістю. Однак у зв'язку з тим, що наш зір перестає розрізняти окремі рядки телевізійної розгортки лише з відстані, рівного приблизно 16-кратній висоті зображення, власникам невеликих квартир не має ніякого сенсу вкладати кошти в екрани великої площі.

1.3. Акустичні системи

1.3.1. Види акустичних систем

Акустичні системи поділяються на безліч видів. Розглянемо основні з них, класифікуючи їх за певними критеріями.

I. Класифікація за видом акустичного оформлення:

- плоский екран. Найбільш простий вид оформлення, але і найменш поширений, так як навіть при великих розмірах відтворення низьких частот значно знижується, а в області середніх і високих частот екран вже не робить істотного впливу.

- відкритий корпус або акустично розвантажене акустичне оформлення (частково або повністю відсутня задня стінка). Найбільше впливає на частотну характеристику передня стінка і її розміри (площа передньої стінки - чим більше, тим краще),
- корпус з лабіринтом (для гасіння хвиль, утворених задньою стінкою дифузора; найчастіше лабіринт проектується в нижній частині колонок),
- закритий корпус або закритий ящик або акустично навантажене,
- корпус з фазоінвертором. Фазоінвертор є трубою, певної довжини і перетину, що вмонтована в корпус (в передню або задню стінку). Дозволяє досягти досить хорошого відтворення низьких частот, внаслідок того, що вони багаторазово посилюються в трубі фазоінвертора. Крім того, фазоінвертор дозволяє знизити надмірний тиск в колонці і зменшити резонанси корпусу колонки. Останнім часом дуже поширений вид.
- корпус з пасивним випромінювачем. Застосовується досить широко. У конструкції корпусу АС з таким видом оформлення замість отвору або трубки використовується пасивний випромінювач, який представляє собою головку гучномовця з рухливою системою без магнітного ланцюга і звукової котушки. Пасивний випромінювач дозволяє збільшити рівень звукового тиску за рахунок використання тилового випромінювання, особливо в області частоти резонансу системи, утвореною за рахунок маси рухомої системи випромінювача, гнучкості його підвісу і міститься в корпусі повітря.
- корпус з рупором. Рупорні АС мають більший ККД у порівнянні з іншими видами оформленнями АС. Вони знаходять широке застосування для озвучування відкритих просторів, а також застосовуються в якості середньо і високочастотних головок гучномовця в деяких конструкціях АС.
- системи одинарної дії (на слухача впливає тільки коливання передньої сторони дифузора).

- системи подвійної дії (у формуванні звуку використовуються обидві поверхні дифузора, як передня, так і задня).

II. Класифікація за формою корпусу: сфера (куля), куб, зрізана піраміда і паралелепіпед.

III. Розподіл за конструктивним виконанням: вбудовані (наприклад, в монітор або стіну, які можна так само вважати як варіант колонок з плоским екраном, де стіна (або стінка монітора) є плоским екраном), виносні, настінні і підлогові.

IV. За кількістю каналів розподілу по частотах: односмугові (для відтворення частот застосовується один широкосмугового динамік) і багатосмугові (використовується два, три або більше динаміків, для відтворення різних частот).

V. По групах складності виносних АС: нульова (вища), перша і друга.

VI За внутрішнім обсягом:

а) нульова група складності:

- 80...100 дм³,

- 70...80 дм³,

- 50...60 дм³;

б) перша група складності - 40 дм³

в) друга і третя групи складності - 10 ... 20 дм³.

VII. За наявністю підсилювача: активні (мають вбудований в АС підсилювач), пасивні (без підсилювача) і з підсилювачем в окремому зовнішньому блоці.

1.3.2. Основні характеристики акустичних систем

Всі параметри АС можна розділити на дві групи: технічні та музичні. До технічних відносяться: гучність, потужність, чутливість, динамічний діапазон, електричний опір (імпеданс). До музичним: лінійні і нелінійні спотворення, співвідношення сигнал / шум, фазово-частотна характеристика і поділ частот (перехресні перешкоди).

Технічні параметри АС

Гучність акустичної системи [3] вимірюється аналогічно до гучності для будь-якого іншого звуку, з єдиною відмінністю, що в основу обчислення закладають напругу.

Таким чином, гучність для акустичної системи обчислюється за формулою:

$$N = 20 \cdot \lg(U2 / U1) \quad (1.1)$$

Де $U1$ - опорна напруга, $U2$ - вимірювана напруга, N - їх співвідношення в децибелах.

Існують різні опорні напруги і, щоб виключити плутанину, зазвичай вказується, що мається на увазі. Опорна величина зазвичай вказується після букв дБ. В англійській мові прийнято дві основні величини: dbu (дБ) і dbV (дБВ). Позначенню дБ (dbU) відповідає опорна напруга 0,775 В; а дБВ - 1 В. Існує також і позначення dbm (дБм), при розрахунку якого також використовується опорний рівень 0.775 В.

Потужність акустичної системи. Основний параметр, який приходить в голову при порівнянні акустичних систем. Вважається, що чим більше потужність, тим краще і тим голосніше звучить колонка. Насправді далеко не завжди колонка потужністю 200 Вт буде грати голосніше або якісніше, ніж колонка з потужністю 50 Вт. Слід пам'ятати, що потужність - це не гучність, а лише оцінка гучності, при чому досить умовна. Величина, яку вказує виробник в паспорті гучномовця або системи в цілому, говорить лише про те, що при підведенні сигналу зазначеної потужності

динамічна головка або акустична система не вийде з ладу (внаслідок різних чинників: критичного розігріву і міжвиткового короткого замикання проводу, "закушування" каркаса котушки, розриву дифузора, пошкодження гнучких підвісів системи і т.д.). Насправді ж, динамічна головка має низький ККД і перетворює в звукові коливання всього 2-3% потужності, що підводиться до них електричного сигналу і в створенні хорошої гучності грають роль ще багато чинників.

$$L, \text{дБ} = 10 \lg \left(\frac{(0.02..0.03 W_{RMS})}{4\pi \cdot 10^{-12}} \right) \quad (1.2)$$

Даний технічний параметр потрібно враховувати для підбору компонентів системи домашнього кінотеатру (підсилювача та ін.). Наприклад, якщо ви вибрали колонки потужністю 50 Вт і підключили їх до підсилювача потужністю 100 Вт, то у Вас є всі шанси «спалити» колонки. При виборі АС, тільки потужність не є вирішальним фактором.

Потужність може вимірюватися в різних умовах і різними способами, але все ж є загальноприйняті стандарти вимірювання.

RMS (Root Mean Squared) - середньоквадратичне значення електричної потужності, обмеженої заданими нелінійними спотвореннями. Потужність заміряється подачею синусоїдального сигналу на частоті 1 кГц при досягненні заданих нелінійних спотворень (THD). Вона обчислюється, як твір середньоквадратичних значень напруги і струму при еквівалентній кількості теплоти, що утворюється постійним струмом.

Невелике застереження у вигляді заданих нелінійних спотворень дозволяє по різному вимірювати гучність. Звичайні мультимедійні колонки із завищеними RMS (в порівнянні з Hi-Fi апаратурою) часто визначаються при високих нелінійних спотвореннях (часто до 10%). При таких викривлення слухати звук практично неможливо, через сильні хрипів і призвуків від динамічної колонки і корпусу.

Для опису звукових характеристик дана потужність малоефективна. Середньоквадратична потужність має сенс в електротехніці. І відноситься не

обов'язково до синусоїди. У разі музичних сигналів гучні звуки ми чуємо краще, ніж слабкі. І на органи слуху впливають більше амплітудні значення, а не середньоквадратичні. Тому середньоквадратичні значення мають сенс в електролічильнику, а ось амплітудні в музиці. Таким чином, стандарт RMS був однією зі спроб описати електричні параметри звукової апаратури, як споживача електроенергії, але все ж знайшов досить широке поширення.

PMPO (Peak Music Power Output) - пікова короткочасна музична потужність, величина, яка вимірюється подачею короткочасного синусоїдального сигналу тривалістю менше 1 секунди (зазвичай за 10 мс) і частотою нижче 250 Гц (зазвичай 100 Гц), означає максимально досяжне пікове значення сигналу незалежно від спотворень взагалі. Мінімальний проміжок часу часто взагалі не береться до уваги, так само як і вибір частоти подачі сигналу.

Як впливає з опису, параметр ще більш віртуальний і безглуздий в практичному застосуванні.

DIN (Deutsches Institut für Normung). Німецька неурядова організація, що займається стандартизацією для кращої інтеграції ринку товарів і послуг в Німеччині і на міжнародному ринку. Продуктами цієї організації є найрізноманітніші стандарти, що стосуються всіляких сфер застосування, в тому числі і пов'язані з області звуковідтворення.

Вимоги до апаратури високої вірності звучання (інакше Hi-Fi - High Fidelity) описуються в стандарті DIN 45500

DIN POWER - значення потужності, при подачі на АС сигналу з частотою 1 кГц протягом 10 хвилин при досягненні 1% нелінійних спотворень. При цьому, нелінійні спотворення повинні бути не більше 3% в смузі 250-1000 Гц і менше 1% на 2000 Гц. А нерівномірність АЧХ на смузі 100-4000 Гц повинна бути +/- 4 дБ, 50-12500 Гц - +4/-8 дБ.

Нарівні з західними, існують також радянські стандарти на різні види потужності. Вони регламентуються діючими до цього дня ГОСТ 16122-87 і ГОСТ

23262-88. Ці стандарти визначають такі поняття, як номінальна, максимальна шумова, максимальна синусоїдальна, максимальна довготривала, максимальна короткочасна потужності. Деякі з них вказуються в паспорті на радянську апаратуру. У світовій практиці ці стандарти не використовуються.

Номінальна потужність (ГОСТ23262-88) - величина штучна, вона залишає свободу вибору виробника. Розробник вільний вказати значення номінальної потужності, відповідне найбільш вигідному значенню нелінійних спотворень. Зазвичай зазначена потужність підганялася під вимоги ГОСТ до класу складності виконання при найкращому поєднанні вимірюваних характеристик. Вказується як у АС, так і у підсилювачів. Іноді це призводило до парадоксів - при спотвореннях типу "сходінка", що виникають в підсилювачах класу АВ на малих рівнях гучності, рівень спотворень міг знижуватися при збільшенні вихідної потужності сигналу до номінальної. Таким чином, досягалися рекордні номінальні характеристики в паспортах підсилювачів, з вкрай низьким рівнем спотворень при високій номінальній потужності підсилювача. Тоді як найвища статистична щільність музичного сигналу лежить в діапазоні амплітуд 5-15% від максимальної потужності підсилювача.

Паспортна шумова потужність - електрична потужність, обмежена виключно тепловими і механічними ушкодженнями (наприклад: сповзання витків звукової котушки від перегріву, вигорання провідників в місцях перегину або спайки, обрив гнучких проводів і т.п.) при підведенні рожевого шуму через коригувальний ланцюг протягом 100 годин.

Максимальна короткочасна потужність - електрична потужність, котру гучномовці АС витримують без пошкоджень (перевіряється по відсутності деренчання) протягом короткого проміжку часу. В якості випробувального сигналу використовується рожевий шум. Сигнал подається на АС протягом 2 секунд. Випробування проводяться 60 разів з інтервалом в 1 хвилину. Даний вид потужності дає можливість судити про короткочасних перевантаженнях, які може витримати гучномовець АС в ситуаціях, що виникають в процесі експлуатації.

Максимальна довготривала потужність - електрична потужність, яку витримують гучномовці АС без пошкоджень протягом 1 хв. Випробування повторюють 10 разів з інтервалом 2 хвилини. Випробувальний сигнал той же. Максимальна довготривала потужність визначається порушенням теплової міцності гучномовців АС (сповзанням витків звукової котушки і ін.).

Рожевий шум (який використовується в випробуваннях акустичних систем) - група сигналів з випадковим характером і рівномірною спектральною щільністю розподілу по частотах, спадної зі збільшенням частоти зі спадом 3 дБ на октаву у всьому діапазоні вимірювань, з залежністю середнього рівня від частоти у вигляді $1/f$. Рожевий шум має постійну (за часом) енергію на будь-якому з ділянок частотної смуги.

Білий шум - група сигналів з випадковим характером і рівномірною та постійною спектральною щільністю розподілу по частотах. Білий шум має однакову енергію на будь-якому з ділянок частот.

Чутливість акустичної системи характеризує інтенсивність звукового тиску, що розвивається колонкою на відстані 1 метра при подачі сигналу частотою 1000 Гц і потужністю 1 Вт. Вимірюється чутливість в дБ щодо порога чутності (нульовий рівень звукового тиску прийнято вважати рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па). Наприклад, чутливість 85 дБ/Вт/м означає, що система здатна створити звуковий тиск в 85 дБ на відстані 1 метр від гучномовця потужністю 1 Вт.

Іноді використовується поняття рівень характеристичної чутливості або рівень звукового тиску (більш правильна назва - *SPL, Sound Pressure Level*) - є добуток відносної чутливості акустичної системи на електричну потужність, що підводиться. При цьому для стислості в графі з одиницями вимірювань вказується дБ/Вт*м або дБ/Вт⁻²*м

При цьому важливо розуміти, що чутливість не є лінійним коефіцієнтом пропорційності між рівнем звукового тиску, потужністю сигналу і відстанню до джерела.

Умовно чутливість 84-88 дБ можна назвати низькою, 89-92 дБ-середньою, 94-102 дБ - високою. Для того, щоб збільшити гучність в 2 рази, досить збільшити чутливість всього на 1 дБ, тоді як потужність для цього доведеться збільшити в кілька разів. Взагалі, чим вище чутливість, тим краще, але слід пам'ятати, що потужний підсилювач здатний легко пошкодити чутливі гучномовці.

Багато фірм вказують характеристики чутливості динамічних головок, виміряні при нестандартних умовах. Наприклад, часто беруть вихідний сигнал не з частотою 1000 Гц, а кілька сигналів в діапазоні від 100 до 10 000 Гц. Зрозуміло, що виміряна таким чином чутливість і реальна нічого спільного мати не будуть.

Параметр чутливості дозволяє визначити динамічний діапазон акустичної системи, тобто відношення максимального звукового тиску до мінімального або запас по динаміці звуку між порогом з шумів і початком перевантаження акустичних систем і підсилювача. Широкий динамічний діапазон дозволяє з більшою вірогідністю відтворювати складні музичні твори (джазову, класичну або симфонічну музику).

При розрахунку динамічного діапазону АС (якщо взагалі його роблять) виробник може піти двома шляхами: обчислити його як різницю між максимальною і номінальною потужностями, або ж обчислити його за формулою (що більш правильно):

$$D = 20 * \lg(P_{\max} / P_{\min}), \quad (1.3)$$

де P_{\max} , P_{\min} - максимальний і мінімальний звуковий тиск.

Зрозуміло, що при правильному обчисленні динамічний діапазон вийде набагато менше, тому виробники часто йдуть першим шляхом, адже для того, щоб у акустичної системи був хороший динамічний діапазон, необхідно використовувати якісні і дорогі матеріали, і вкладати достатньо коштів в проектування АС. Якщо Ви переважно будете слухати тільки популярну музику, то про значення цього параметра у продавця можна і не питати. Але якщо Ви є шанувальником класики, для якої

динамічний діапазон ширше - близько 50 дБ і любите ввечері послухати Синатру, то цей показник Вам дуже стане в нагоді при виборі акустики.

Електричний опір, імпеданс (impedans). Електродинамічна головка має певний опір постійному струму, залежний від товщини, довжини і матеріалу провода в котушці (такий опір ще називають резистивним або реактивним). При подачі музичного сигналу, який представляє собою змінний струм, опір головки буде змінюватися в залежності від частоти сигналу. Імпеданс - це повний електричний опір змінному струму, виміряний на частоті 1000 Гц. Зазвичай імпеданс акустичних систем дорівнює 4, 6 або 8 Ом.

В цілому величина імпедансу акустичної системи ні про що, пов'язаному з якістю звучання того чи іншого виробу, покупцеві не скаже. Виробником вказується цей параметр лише для того, щоб опір враховували при підключенні акустичної системи до підсилювача. Якщо значення опору колонки нижче, ніж у підсилювача, в звучанні будуть присутні нелінійні спотворення; якщо вище, то звук буде значно тихіше, ніж з рівним опором.

Музичні параметри А

Колонка, видаючи звук, вносить свої спотворення, які прийнято ділити на лінійні спотворення і нелінійні спотворення. До нелінійних спотворень відносять ті спотворення, які вносить підсилювач в звук - це гармонійні і субгармонійні спотворення, динамічні і т.д. До лінійним спотворень відносять ті, які з'являються при передачі звуку гучномовцями - нерівномірність частот, тимчасові спотворення просторові (наприклад, пов'язані з спрямованістю динаміків) і перехідні (спотворення перехідних процесів). Розглянемо основні з них:

Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) являє собою графік, що показує різницю величин амплітуд вихідного і вхідного сигналів у всьому діапазоні відтворюваних частот. АЧХ вимірюють

подачею електричного синусоїдального сигналу незмінної амплітуди при зміні його частоти. Причому в точці на графіку, де частота дорівнює 1000 Гц, прийнято

відкладати на вертикальній осі рівень 0 дБ. Найчастіше в якості точки відліку беруть усереднене значення на відріжку 100 - 8000 Гц. Ідеальний варіант, при якому АЧХ представлена прямою лінією (від 20 Гц до 20 кГц), але таких характеристик в реальності у акустичних систем не буває. При розгляді графіка потрібно звернути особливу увагу на величину нерівномірності. Чим більше величина нерівномірності, тим більше частотних спотворень тембру в звучанні.

При описі і тестуванні акустичних систем весь частотний діапазон умовно прийнято ділити на три основні частини (табл. № 1.1): нижні частоти, середні і високі частоти.

Таблиця № 1.1. Ділення частотного діапазону

Назва	Уточнена назва	Частоти
Нижні частоти	Низкі звуки (баси)	16 - 70 Гц
	Мідбас	100 - 120 Гц
Середні частоти	Нижньосередні	150 - 1 000 Гц
	Середні частоти	4,5 - кГц
	Середньовисокі частоти	5-10 кГц
Високі частоти	Високі частоти	Вище 10 кГц

За кордоном замість терміна АЧХ віддають перевагу терміну FR (frequency response) - діапазон відтворюваних частот, який являє собою "вибірку" інформації з АЧХ: вказуються лише граничні частоти і нерівномірність. Припустимо, написано: 50 Гц - 18 кГц АЧХ (+/- 3 дБ). Це означає, що у даної акустичної системи в діапазоні 50 Гц - 16 кГц звучання достовірне, а нижче 50 Гц і вище 18 кГц нерівномірність різко збільшується і АЧХ має так званий "завал".

Зменшення рівня низьких частот означає втрату соковитості, насиченості звучання басів. Підйом в області НЧ викликає відчуття бурмотіння і гулу колонки. У

завалах високих частот звук буде тьмяним, неясним, а підйоми ВЧ означають присутність дратівливих, неприємних шиплячих і свистячих призвуків.

У мультимедійних колонок величина нерівномірності АЧХ зазвичай вище, ніж у так званої Hi-Fi) акустики. Так що якщо Ви зустрінете колонки для ПК з АЧХ типу 20-20000 Гц (теоретичну межу можливості) без вказівки нерівномірності АЧХ, то можете сміливо продовжувати пошуки далі. Виробники мультимедійної акустики в цьому випадку часто "забувають" вказати нерівномірність АЧХ акустичної системи. Існує велика ймовірність купити річ, яка не забезпечує навіть більш-менш рівномірну характеристику в смузі частот 100 Гц - 15000 Гц. Порівнювати ж діапазон відтворюваних частот з різними нерівномірностями не можна зовсім.

АЧХ колонки може змінюватися в залежності від спрямованості системи. Найбільш чіткий звук Ви почуєте, перебуваючи на відстані приблизно метра - півтора прямо перед АС. Але якщо ви відійдете в сторону, навіть на кілька десятків градусів, або просто встанете поряд з нею, то почуєте зовсім інший звук. Це пов'язано з тим, що динамічна головка випромінює хвилі зі своєю передній поверхні направлено вперед (тобто, під кутом 90 градусів). За існуючими стандартами відхилення АЧХ від середнього значення під кутами $\pm 20-30$ градусів по горизонталі і $\pm 5-10$ градусів по вертикалі не повинно перевищувати ± 4 дБ. Це властивість гучномовців так само вносить свої корективи в розстановку АС. Наприклад, ідеальною розстановкою для стерео колонок буде рівносторонній трикутник зі сторонами приблизно 1,5 метра.

Нелінійні спотворення. Акустична система являє собою складний електроакустичний пристрій, який має нелінійну характеристику підсилення (тобто, не всі частоти посилюються рівномірно – якісь сильніше, якісь слабкіше). Тому сигнал по закінченні всього звукового тракту на виході обов'язково матиме нелінійні спотворення. Одними з найбільш явних і найбільш простих в вимірі є гармонійні спотворення.

Гармонійні спотворення відбуваються від додавання зайвих гармонік до первісного сигналу внаслідок нелінійності характеристики вхід / вихід. Ці паразитні гармоніки надають звучанню новий тембр і ведуть до непоправних втрат у звуці.

Нелінійні спотворення вимірюються подачею синусоїдального сигналу частотою 1000 Гц. За допомогою спеціального фільтра в звуковому сигналі знаходять зайві гармоніки і визначають їх потужність. Підсумковий результат представляють у вигляді коефіцієнта гармонійних спотворень (*THD - Total Harmonic Distortion*) - вага додаткових гармонік в початково синусоїдальному сигналі однієї частоти (зазвичай 1 кГц) після проходження його через спотворюючий тракт. Даний коефіцієнт обчислюється як квадратний корінь відношення суми потужностей всіх гармонік, крім основної, до потужності корисного сигналу. Іноді, для спрощення вимірювань, використовується рівень відношення тільки третьої гармоніки, що зовсім не обов'язково відображає рівень всіх гармонійних спотворень. Розрахований таким чином показник неправильний, так як помітність вищих гармонік зростає з їх номером (крім того, непарні гармоніки більш неприємні на слух, ніж парні). Тобто, частота тону, що стоїть далі по смузі частот від основного, більш помітна на його тлі. Часто буває, що рівень спотворень підсилювача 0,08% набагато помітніше 3% спотворення акустики. Акустика класу Hi-Fi повинна мати THD не більше 1.5% на частоті 1000 Гц.

В радянських стандартах поряд з коефіцієнтом гармонік вимірюється також коефіцієнт нелінійних спотворень, який ближчий до зарубіжного терміну THD+N. Ці коефіцієнти в загальному випадку не збігаються. Коефіцієнт нелінійних спотворень вимірюється або в відсотках, або в децибелах: $[dB] = 20 \log ([\%] / 100)$. Чим більше величина коефіцієнта THD або THD+N, тим зазвичай гірше звучання.

THD колонок багато в чому залежить від потужності сигналу, що подається на них. Тому нерозумно робити заочні висновки або порівнювати колонки тільки по THD, не вдаючись до прослуховування апаратури. До того ж для робочих положень регулятора гучності (зазвичай це третина або половина потужності) значення THD виробниками не вказується.

Ще одне важливе поняття, яке часто використовується при описі системи - це співвідношення сигнал / шум (*SNR - Signal to Noise Ratio* або часто просто S / N) - характеристика, яка визначається співвідношенням між максимальною амплітудою

корисного сигналу і шумами, присутніми в аудіотракті (або аналоговому тракті) - електронної частини, яка містить підсилювачі. Співвідношення сигнал / шум визначає ступінь присутності шуму в сигналі. Шуми генеруються різними електронними елементами аудіотракта або виникають внаслідок недосконалої обробки сигналу. Співвідношення сигнал / шум дуже хорошої АС має величину більше 90 дБ, хорошої - приблизно 75-85 дБ, неякісної - менше 60 дБ.

На цей параметр можна дійсно звертати увагу тільки на більш-менш якісній акустиці, так як часто, цей показник сильно завищують. Часто вдаються до хитрого способу - при відсутності сигналу (або при його низькому рівні) просто відключають підсилювальну частину. Покупець, перевіряючи такі колонки, часто просто включає їх на максимум при відсутності звуку, і радіє тиші (або невеликим фоном - ледве чутним шипінням). Природа людини влаштована таким чином, що він може фільтрувати сигнал від шумів.

Ще одним, досить важливим параметром є *фазово частотна характеристика (ФЧХ)*, яку можна назвати однією з найбільш забутих. Як правило, ФЧХ представляється у вигляді графіка залежності фази сигналу від частоти і характеризує фазові спотворення. Але ФЧХ з часів середини минулого століття мало змінилася в ряді систем (а в ряді навіть погіршилася), тому цей показник практично не використовують. Суть ФЧХ полягає в тому, що сигнал, який пройшов усі ланки звукового тракту, зазнає затримки в часі, різні на різних звукових частотах. Затримки немаленькі, що виражаються в зрушеннях робочої частоти навіть на одиницю пі по фазі. При чому, зрушення на низьких і високих частотах відбуваються в різному ступені. Дуже часто відбувається зрушення високих частот, відносно низьких, на цілий період верхньої частоти. Це позначається на сприйнятті і точності звукової картини. Часто синхронність частотних складових музики є навіть важливіше внесених спотворень. Але, внаслідок того, що даний параметр мало стандартизований, він не декларується часто навіть в дуже дорогій акустиці (хоча дуже важливий для сприйняття).

Останнім параметром, є *поділ частот* (або перехресні перешкоди). Цей параметр має значення тільки для багатосмугових АС. Розглянемо двосмугову систему. Посилений звук подається на обидва гучномовця відразу, але так як кожен гучномовець призначений для відтворення власного діапазону частот (ВЧ гучномовець - для ВЧ частот, СЧ / НЧ - відповідно), то перед подачею на гучномовці частотний діапазон просто ділять (для двосмугових систем на 2 частини - низькі і середні частоти для НЧ / СЧ гучномовця, і високі частоти для ВЧ гучномовця).

Найчастіше поділ частот на гучномовці відбувається з використанням конденсатора. В такому випадку сигнал спочатку доходить до СЧ / НЧ гучномовця, а потім вже подається на ВЧ гучномовець. На шляху від СЧ / НЧ гучномовця до ВЧ гучномовця стоїть конденсатор, який «відрізає» (не пропускає далі) СЧ / НЧ сигнали. У підсумку на ВЧ гучномовець відтворює тільки призначені для нього високі частоти.

У такій схемі СЧ / НЧ гучномовець відтворює всі частоти, але в силу своєї особливості високі частоти відтворює погано. Це компенсує ВЧ гучномовець. Але поставлений конденсатор не здатен повністю відрізати непотрібні частоти для ВЧ гучномовця - в результаті він пропускає частину низьких і середніх частот, тільки заглушивши їх. І ВЧ гучномовцю доводиться їх відтворювати, що не є добре.

Параметр поділу частот і показує, скільки СЧ/НЧ частот передається на ВЧ гучномовець. Обчислене відношенням переданого далі сигналу до заглушеного, вказується в дБ. Наприклад, значення ≥ 60 дБ говорить про те, що встановлений фільтр з вихідного сигналу при передачі на ВЧ динамік НЧ/СЧ складову зміг знизити на 60 дБ. Тобто, ВЧ звук подається на ВЧ динамік такий, яким він є, а СЧ/НЧ звук теж подається, але на 60 дБ тихіше, ніж вихідний [4].

1.4. Гучномовці в домашньому кінотеатрі

Домашній кінотеатр має багатоканальну систему відтворення звуку, де сигнал кожного каналу подається на відповідний гучномовець, розташований перед, поруч і (або) за спиною слухача. Аудіосистема для домашнього кінотеатру складається з

трьох *фронтальних* гучномовців, розташованих в передній частині кімнати, і двох гучномовців каналів *оточення*, розміщених позаду або збоку від слухача. Два з трьох фронтальних гучномовців знаходяться з боків від відеомонітора, а третій - над або під ним. Фронтальні гучномовці поділяють на *лівий, правий і центральний*.

Лівий і правий гучномовці відтворюють в основному музику і звукові ефекти. Основне ж завдання центрального гучномовця-відтворення діалогів, а також «прикріплення» звукових ефектів до того, що відбувається на телеекрані подій. При використанні трьох гучномовців в передній частині кімнати стає можливим найбільш точно передати переміщення джерел звуку на телеекрані.

Гучномовці каналів оточення виконують іншу роботу. Зазвичай вони менше фронтальних і споживають не так багато енергії. Гучномовці оточення зазвичай відтворюють «атмосферні» звуки або звучання навколишнього середовища, створюючи навколо слухача дифузну звукову атмосферу. Загальний внесок гучномовців каналів оточення невеликий, але надзвичайно важливий для створення загального достовірного враження. При правильній установці гучномовців оточення звук не йде прямо до слухача, при цьому в останнього створюється враження «обволікання» дифузним звуковим полем.

Ще один тип гучномовця, який використовується в системі домашнього кінотеатру - *сабвуфер*, який відтворює сигнали нижнього баса. Він зазвичай поміщається в корпус кубічної форми і може бути розташований в будь-якому місці кімнати. Він присутній не в кожному домашньому кінотеатрі, - це додатковий і не завжди обов'язковий компонент. Але якщо в системі використовуються лівий і правий фронтальний гучномовець невеликого розміру, які не відтворюють найнижчий бас, то наявність сабвуфера обов'язкова.

Схема розташування комплекту гучномовців домашнього кінотеатру представлена на рис. 1.2, що відповідає рефренсній схемі розстановки системи гучномовців для домашнього кінотеатру представленої на рис. 1.3.



Рис. 1.2. Схема розміщення АС в домашньому кінотеатрі, що працює з 5.1 звуком

Тепер поговоримо про установку основних каналів – повно-діапазонних акустичних систем фронтальних каналів, тилкових каналів і центрального каналу.

Якщо уявити, що всі акустичні системи абсолютно однакові, акустика приміщення також ідеальна і є вільне місце, то ставити колонки слід відповідно до схеми наведеної на рис. 1.3. В даному випадку описується модель розстановки системи для роботи комплексу за схемою 5.1 звуку (п'ять каналів, один сабвуфер). Саме при такому розташуванні АС і проводиться зведення багатоканальних саундтреків до кінофільмів в сучасних студіях.

Центр і фронтальна пара розташовані на лінії віртуального кола, радіусом якого є відстань від слухача до центральної АС, а центром кола - голова слухача. Відстань від слухача до кожної з фронтальних АС і центральною АС рівні. Тилкові канали розташовані на такій же відстані від слухача (на віртуальному колі) під кутом приблизно 110° до осі «слухач-екран» [1].

В цьому випадку мінімізуються всі можливі неточності, пов'язані зі штучною затримкою, що вводиться для компенсації звучання при некоректному розташуванні АС в просторі, а також зрівнюється вплив акустики приміщення на всі АС. В теорії всі канали абсолютно рівнозначні як по гучності, так і за звучанням.

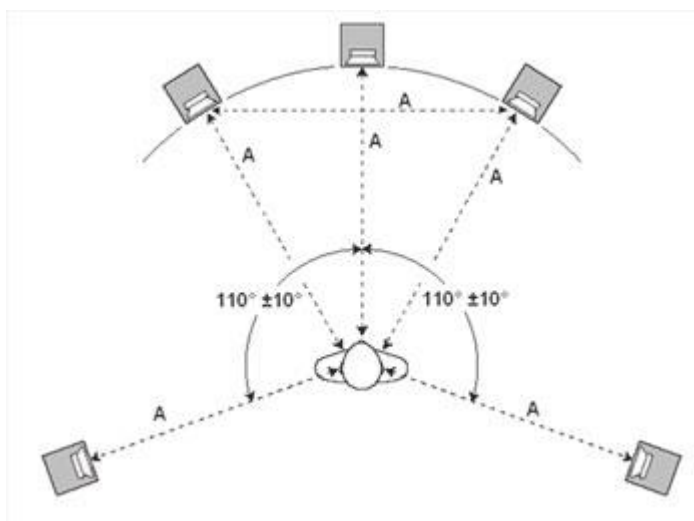


Рис. 1.3. Референсна схема розміщення АС в домашньому кінотеатрі, які працюють з 5.1 звуком

1.4.1. Гучномовець центрального каналу

Через гучномовець центрального каналу йде основна частина фонограми фільму - майже всі діалоги, більшість звукових ефектів і частково музика.

Центральна акустична система зазвичай встановлюється горизонтально поверх відеомонітора. Її можна також встановлювати під монітором або вмонтувати в стіну під монітором, а якщо використовується фронтальна проекційна система - розташувати позаду «акустично прозорого» екрану. При взаємному розташуванні акустичних систем центрального та фронтального каналів, потрібно враховувати, що центральна колонка повинна бути або на одній лінії, або трохи позаду лівої і правої акустичних систем, але не виступати вперед. Різницю в відстані компенсують, виставляючи в процесорі затримку на більш віддалений від слухача канал (затримка на 1 мс відповідає 30 см).

Наявність центральної акустичної системи в домашньому кінотеатрі дозволяє уникнути руйнування всього фронтального звукового поля і стягування його до найближчого від слухача гучномовцю, тим самим забезпечуючи виразне сприйняття джерела звуку; знижує навантаження на правий і лівий фронтальні гучномовці; при

наявності трьох фронтальних гучномовців можна домогтися більш чистого звучання системи.

1.4.2. Лівий і правий фронтальні гучномовці

На лівий і правий гучномовці доводиться в фільмах велика частина музики і значне число звукових ефектів. Якщо в системі не використовується сабвуфер, то практично всі баси також будуть відтворюватися фронтальними гучномовцями, а тому вони часто виявляються найбільшими у всій системі домашнього кінотеатру. Гучномовці, здатні відтворювати повний діапазон звукових частот: басові, середні і високі частоти, називаються повнодіапазонними. Якщо їх розміщують на підлозі, вони називаються також підлоговими гучномовцями. Саме такі підлогові гучномовці і використовуються найчастіше для лівого і правого каналів.

Існують два основних типи фронтальних колонок:

- *двохсмугові*, мають два вбудованих динаміка, де великий динамік призначений для відтворення низьких частот; динамік поменше - для середніх і високих;
- *трьохсмугові*, які мають великий динамік (баси), динамік меншого розміру (середні і високі частоти), і ще один маленький динамік, який призначений тільки для відтворення високих частот.

За якістю звуку трьохсмугові колонки виглядають краще двосмугових.

Як правило, фронтальні колонки краще відтворюють високочастотні звуки. Таким чином, чим більше насичений фільм різними низькочастотними спецефектами, тим більше спотворень буде з'являтися в звуковому полі вашої акустичної системи. Якість відтворення низьких частот безпосередньо залежить від габаритів акустичної системи. Ця проблема вирішується включенням в систему сабвуфера, який приймає на себе відтворення всіх низькочастотних звуків. Як правило, при виборі фронтальних колонок варто шукати серед підлогових моделей, однак, якщо місце обмежене, то можливі вдалі варіанти з поличними моделями акустики.

1.4.3. Гучномовці каналу оточення

Основне завдання гучномовців каналу оточення полягає в тому, щоб відтворити природну атмосферу оточуючих звукових ефектів, створити «тонке» звукове середовище, яка занурює глядача всередину подій на екрані. На відміну від фронтальних і центральних гучномовців, які забезпечують прив'язку звуку до подій на екрані, гучномовці каналу оточення повинні «розчинитися» в звуках, що оточують глядача під час перегляду фільму.

Гучномовці каналу оточення обволікають слухача звуками завдяки своїй конструкції і розташуванню в тому приміщенні, де знаходиться домашній кінотеатр. Найкраще розмістити їх збоку або позаду слухача і трохи вище рівня вух. Оскільки від них не вимагається відтворення баса, то найчастіше вони невеликі за розміром, а тому їх часто розміщують на стіні або вбудовують в стіну.

Здатність гучномовців каналів оточення створювати ефект огортання звуком в значній мірі визначається їх дипольною конструкцією. Це означає, що вони однаково добре випромінюють звук як вперед, так і назад. Якщо динаміки фронтальних акустичних систем випромінюють звук тільки вперед, то у дипольних тилових гучномовців є два комплекти головок, змонтованих і на фронтальній, і на тильовій панелях. Завдяки цьому і формується необхідна діаграма спрямованості випромінюваного звуку. Іноді можна зустріти інший тип гучномовців каналу оточення - біполярні. Обидва типи гучномовців - дипольні і біполярні - створюють відчуття огортання звуком у слухача, але при цьому дипольні краще, так як вони здатні створити більший «нульовий» простір або знижений рівень гучності звуку з того боку гучномовця, який звернений до слухача.

Рівень звучання гучномовців каналу оточення слід встановити таким чином, щоб їх безпосередньо не було чути, але якщо їх вимкнути, то звукове поле відразу ж стискалося б лише до фронтального.

Вибирати тиллові АС слід з належною увагою, так як сучасні багатоканальні формати (Dolby Digital, DTS) містять не менше п'яти каналів повного частотного

діапазону, і недостатньо якісна тилова акустика не дозволить повністю реалізувати їх переваги.

1.4.4. Сабвуфери

Сабвуфер є окремою акустичною системою, призначеною для відтворення нижчих частот звукового діапазону (зазвичай 20-120 Гц). В системі домашнього кінотеатру він необхідний для відтворення різних спецефектів, таких як: гуркіт грому, гуркіт вибухів, гуркіт літака.

В системі домашнього кінотеатру сабвуфер:

- покращує сприйняття звукової картини, так як додає в звучання системи натиск, динаміку, передає драматизм того, що відбувається на екрані;
- дозволяє не перевантажувати колонки басами великої потужності, що, відповідно, зменшить кількість спотворень.

Сабвуфери поділяють на:

- активні, мають вбудований підсилювачем
- пасивні, вимагають наявності зовнішнього підсилювача.

Розміри сабвуфера досить великі, що погано, так як він важко вписується в інтер'єр кімнати. Але, з урахуванням того, що людський слух не може розпізнати напрямок низькочастотного звуку, отже, сабвуфер потрібен тільки один, і розташувати його ви можете практично в будь-якому зручному місці кімнати. Можна навіть злегка прикрити його якимось предметом меблів, але, тільки не затуляючи динамік повністю.

Сабвуфер хороший лише як виконавець, його роль пов'язана з "колективною творчістю", в якому обов'язково участь широкосмугової (звичайної) акустики. Ключова проблема - це коректне узгодження баса сабвуфера з наявною акустичною системою [1-4,5-7]

1.5. Вибір гучномовців для системи домашнього кінотеатру

Серед всіх компонентів домашнього кінотеатру найбільш уважно слід підходити до покупки системи гучномовців. Тому вибір відповідних гучномовців для домашніх кінотеатрів може виявитися досить складним завданням. Так як ринок пропонує багато різних моделей з широким розкидом технічних показників в різних цінових категоріях. Варто відразу зазначити, що зв'язок між ціною і якістю гучномовця не надто велика.

Перед покупкою домашнього кінотеатру, треба відповісти на кілька запитань, а саме:

1. Яка система необхідна для домашнього кінотеатру?

Для вирішення цього питання, варто спочатку ознайомитись з оглядом акустичних систем в мережі інтернет, знайти якомога більше інформації про цікаві моделі, а далі варто пройтися по магазинах і самому прослухати підібрані моделі в «живу».

2. Скільки варто витратити на гучномовці?

Систему гучномовців для домашнього кінотеатру варто купувати з урахуванням того, яка електроніка і компоненти-джерела будуть купуватися, система гучномовців домашнього кінотеатру не може звучать краще, ніж той сигнал, який на неї надходить. А значить, на гучномовці слід відвести близько 35-40% від загального бюджету домашнього кінотеатру або ж витратити таку ж суму, яка була витрачена на А/В-ресивер або роздільній контролер и підсилювач потужності.

Якщо ж потрібно, підібрати гучномовці під наявні приміщення та електроніку, то тут необхідно враховувати такі фактори:

- Чим більша кімната, тим крупніше повинні бути гучномовці. Буде помилкою придбання великих гучномовців, що дають потужні басы, для крихітної кімнати. У цьому випадку буде низький, гудучий звук, який відволікатиме слухача від того, що відбувається на екрані домашнього кінотеатру.

- Вибирати гучномовці каналу оточення слід таким чином, щоб вони не впадали в очі на стінах.
- Необхідно, врахувати, що гучномовці і підсилювачі потужності відрізняються за своїми властивостями, а тому одні комбінації звучать краще, а інші гірше. Так що слід заздалегідь вирішити проблему узгодження обладнання.
- Чутливість гучномовця відображає, наскільки ефективно він здатний перетворити електричні сигнали в звук. Чим вище чутливість гучномовця, тим менша потужність потрібна для того, щоб керувати ним.
- На необхідну величину потужності підсилювача впливає повний електричний опір (імпеданс), що характеризує той опір, який гучномовець чинить протіканню через нього електричного струму від підсилювача. Більшість гучномовців володіють повним опором 4 або 8 Ом. Вибираючи гучномовці потрібно звертати увагу на відповідність їх опору характеристикам ресивера або підсилювача потужності.
- Максимальна шумова потужність гучномовця показує величину потужності у ватах, при якій гучномовець працює без пошкоджень протягом тривалого часу. Деякі гучномовці починають звучати з спотвореннями або хрипіти при порівняно невисокому рівні гучності, інші ж звучать все голосніше і голосніше в міру повороту регулятора гучності, зберігаючи при цьому ясність звучання і низький рівень спотворень. Якщо гучномовець не нагрівається при максимально високому рівні гучності і продовжує звучати без спотворень, то у нього достатня максимальна шумова потужність.
- Для гучномовця найбільш небезпечні нелінійні спотворення в підсилювачі.

Швидким і якісним способом перевірки якості виготовлення гучномовця перед його покупкою - постукати кісточками пальців по корпусу. Якщо звук дзвінкий, це означає, що корпус не дуже хороший. Але якщо чути глухий звук, то можна бути цілком впевненим, що корпус досить жорсткий. Тонкий, схильний до вібрацій корпус

- вірна ознака погано зробленого гучномовця. Якщо корпус поганий, то і електронна начинка в ньому не краща.

Оцінити гучномовці при демонстрації, можна керуючись наступними порадами:

- При порівнянні звучання двох систем між собою необхідно прослухати одну систему 10-20 хвилин, а потім програти той же матеріал на іншій системі.
- Потрібно оцінювати не більше двох систем за один раз.
- Не дозволяйте продавцеві відволікати вас під час прослуховування.
- Під час прослуховування потрібно більше покладатися на власні вуха, а не на специфікації, які пропонує виробник, на технічні терміни або запевнення продавця.
- Під час роботи потрібно чітко чути все басові ноти, що відрізняються один від одного по висоті, а не невиразне «бухтіння» на одній низькій ноті. Погане відтворення басових частот буде постійно відволікати слухача в домашньому кінотеатрі від музики і фільму.
- Також варто прослухати систему при сцені, коли на діалоги у фільмі накладаються різні звукові ефекти. Людські голос дозволяє чітко виявити забарвленість звучання гучномовця або ж недолік виразності.
- Необхідно звертати увагу на просторові аспекти звучання. Слухача постійно має огортати безперервне звукове поле, незважаючи на те, що звук відтворюється від п'яти роздільних джерел. Слухач повинен бути в змозі точно локалізувати звуки, які виходять із фронтального звукового поля. Але також треба врахувати, що при цьому вирішальну роль може грати розташування гучномовців, а не їх кількість.

1.6. Розміщення гучномовців

Розміщення гучномовців має суттєвий вплив на якість звучання, яку можна отримати. Буває, що найвищі показники якості АС зводяться нанівець, при установці в реальне приміщення. Дотримуючись наведених нижче нескладних правил розміщення гучномовців, можна отримати від системи домашнього кінотеатру найкращий звук.

1.6.1. Розміщення гучномовців каналу оточення

Акустичні системи каналу оточення найбільш «проблемні» гучномовці системи домашнього кінотеатру. Гучномовці каналу оточення повинні бути дипольними, тобто здатними в рівній мірі випромінювати звук і у фронтальну, і в тилову частину приміщення. Однак диполі створюють також «нульову зону» - область відсутності звуку збоку від корпусу. Існує просте правило установки будь-яких дипольних гучномовців: направляти їх «нульову зону» на позицію прослуховування і не направляти прямо на слухачів самі гучномовці.

В ідеалі навколишні гучномовці повинні встановлюватися на бічних стінах з боку від місця розташування слухача (рис. 1.4), принаймні на 60 см вище його голови. Дипольні гучномовці каналу оточення не можна встановлювати перед позицією прослуховування, де їх звук буде сприйматися безпосередньо: звук гучномовців каналу оточення повинен відбиватися від різних поверхонь кімнати, перш ніж досягне вух слухача. Це дозволить за допомогою всього двох гучномовців імітувати таке ж об'ємне звучання, як і в залі звичайного кінотеатру, де воно створюється групою гучномовців каналів оточення, а також створити відчуття занурення в звукову атмосферу фільму, що особливо важливо для системи домашнього кінотеатру.

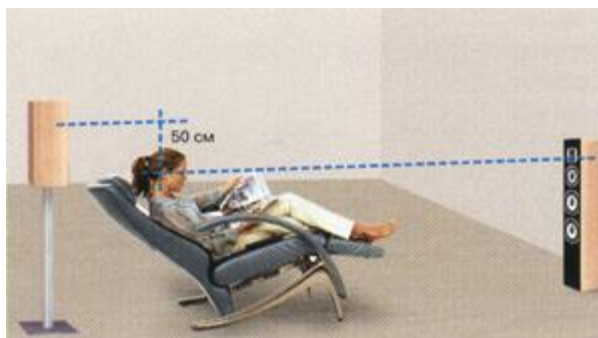


Рис. 1.4. Схема розташування АС фронтального і тилового каналів

Якщо в кінозалі диван, де розташовуються слухачі під час перегляду фільму, знаходиться прямо біля задньої стіни, то в цьому випадку у звуку немає можливості спочатку відбитися від цієї стіни і потім тільки потрапити до слухачів. У такій ситуації можна встановити навколишні гучномовці на бічних стінах на відстані приблизно в 60 см від задньої стіни або ж в кутках кімнати, направивши «нульову зону» на позицію прослуховування (рис. 1.5). При цьому слухачі отримуватимуть від гучномовців каналу оточення звук, який можна вважати скоріше відбитим, ніж прямим



Рис. 1.5. Схема розташування АС тилкових каналів оточення

Відбиття звуку від фронтальних гучномовців досить погано впливає на якість звучання, зате відбиття звуку гучномовців каналу оточення - добре. Правильно встановлені гучномовці каналу оточення дозволяють отримати приголомшливе звучання системи домашнього кінотеатру - за рахунок емоційного впливу акустичної

обстановки і просторовості звуку, подібного до того, яке слухачі відчують в звичайному кінотеатрі.

1.6.2. Розміщення центрального гучномовця

Правильне розміщення центрального гучномовця дозволяє домогтися більшої виразності діалогів, більш плавного переміщення, слідом за об'єктами, що пересуваються на екрані і більш об'ємної звукової сцени.

Відбиті звуки фронтальних гучномовців, що досягають слухачів, перешкоджають отриманню хорошого звучання. Це особливо справедливо для центрального гучномовця, через який передаються всі основні діалоги. Оскільки більшість гучномовців центрального каналу встановлюються прямо на телевізорі, звичайному або проекційному, кожен з яких має високу відбивну здатність, виникає ймовірність небажаних віддзеркалень від відеомонітора.

Для того щоб послабити відбиття звуків центрального гучномовця, при установці потрібно розташувати в одній площині його фронтальну поверхню з фронтальною поверхнею відеомонітора (рис. 1.6). Таке розташування допомагає послабити наслідки дифракції - повторного випромінювання звуку в випадках порушення безперервності хвилі. Дифракція призводить до виникнення нерівномірності амплітудно-частотної характеристики гучномовця. Повторне випромінювання звуку, у напрямку від відеомонітора до слухачів, робить загальне звучання менш точним.



Рис. 1.6. Схема розташування центральної і фронтальних АС

Високоякісні гучномовці виконуються з плавними поверхнями навколо конуса головки. Деякі мають закруглені фронтальні поверхні і навіть спеціальні монтажні

болти для кріплення окремих головок, втоплені в корпусі акустичної системи. Все це робиться для послаблення дифракції від корпусу.

Слід нахилити центральний гучномовець у напрямку до місця прослуховування в тому випадку, якщо він буде розташовуватися на великому проєкційному або звичайному відеомоніторі, встановленому на високій підставці. Якщо ж центральний гучномовець перебуває нижче монітора, відхилити його слід трохи назад, зорієнтувавши на слухачів. Висота розташування центрального гучномовця повинна відрізнятися не більше ніж на 60 см від висоти установки лівої і правої фронтальних акустичних систем, рахуючи висоту від їх високочастотних

1.6.3. Розміщення лівого і правого фронтальних гучномовців

Лівий і правий фронтальні гучномовці необхідно розташовувати, дещо висунувши вперед, щодо відеомонітора, а не на одній лінії з ним. Розташування лівого і правого гучномовця на одній плавній дузі з центральним гучномовцем має дві переваги (рис. 1.7). По-перше, в цьому випадку послаблюються акустичні відбиття від відеомонітора. По-друге, всі три фронтальні гучномовця розташовуються на однаковій відстані від слухача. Якби вони перебували на одній лінії, то звук від центрального приходив би дещо раніше, ніж від лівого і правого, що призводить до підвищення концентрації звукових образів в середині і зниження - по лівому і правому краях звукової сцени.

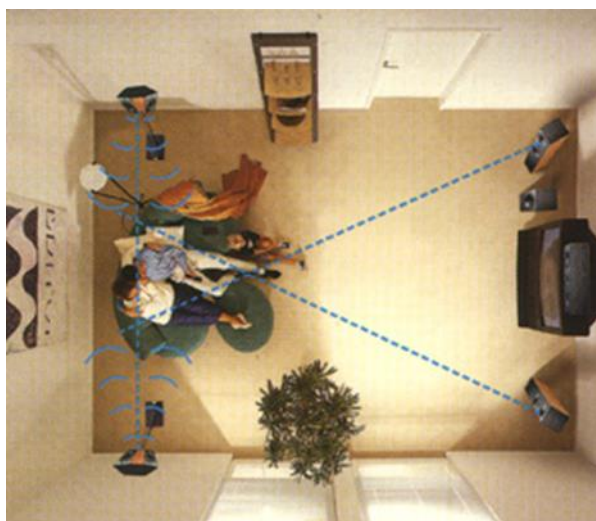


Рис. 1.7. Схема розташування АС фронтального каналу

Відстань між лівим і правим гучномовцями грає важливу роль в досягненні натурального і об'ємного звуку. Практичне правило в розміщенні лівого і правого гучномовця каже, що кут утворений променями, спрямованими на них з точки знаходження слухачів, становить приблизно 45° - 60° .

Лівий і правий гучномовці можуть бути орієнтовані паралельно або розгорнуті на слухача. У першому випадку звучання буде більш широким і об'ємним, але знизиться точність локалізації джерел звуку. У той же час надмірна спрямованість гучномовців на слухача послабить відчуття масштабності звукової сцени, проте це дозволяє направити більшу частину звуку на слухача і дає зниження відбиття його від бічних стін.

1.6.4. Розміщення сабвуфера

Питання про вибір місця для сабвуфера зазвичай вирішується чисто емпірично. Якщо місце для сабвуфера підібрано вдало, його басы звучать чітко, пружно, швидко і енергійно. Правильно розташований сабвуфер забезпечує також злитість спільного звучання з фронтальними акустичними системами.

Оскільки низькі частоти є односпрямованими, у вас є можливість вибирати місце розташування сабвуфера. Розміщення сабвуфера поруч зі стіною зазвичай призводить до генерації більш низьких частот. Розміщення поблизу кута, дозволяє отримати ще більший ефект. Найчастіше сабвуфер розташовують в передній частині кімнати. При такому розміщенні легше підключити його до АВ-ресивера домашнього кінотеатру.

Не варто встановлювати сабвуфер на однаковій відстані від протилежних стін, а також в кутках кімнати, на однаковій відстані від бічної і задньої стін. Це дозволяє згладити басы, оскільки частоти, звучання яких посилюється стінами, не збігатимуться, а будуть розподілятися більш рівномірно.

Висновки. Кожен гучномовець системи домашнього кінотеатру виконує свою функцію, і тому до його розміщення висуваються окремі вимоги. Дипольні гучномовці каналу оточення створюють відчуття занурення в обволікаючу звукову

атмосферу завдяки віддзеркаленням звуку від поверхонь кімнати, розташованих за спиною слухача. Розміщення гучномовців, при якому їх звук відбивається від стін, перш ніж досягти слухача, дозволяє імітувати в домашніх умовах роботу численних гучномовців каналу оточення, використовуваних в звичайних кінотеатрах.

Навпаки, відбитий звук фронтальних гучномовців забарвлює звучання і заважає виразному сприйняттю діалогів. Ось чому лівий і правий гучномовці злегка висувують вперед щодо площини екрану відеомонітора.

Найкраще розташування сабвуфера визначається кількістю і якістю сприйманого слухачем баса. Знаходження належного місця для сабвуфера емпіричним шляхом забезпечує пружний і добре керований бас.

1.7. Розміщення акустичних систем домашнього кінотеатру в приміщеннях різної площі

Як лінійні розміри приміщення, так і їх поєднання мають серйозний вплив на якість звучання. При цьому, чим більше площа приміщення і висота стель в ньому, тим краще. На практиці важливо, щоб між трьома лінійними розмірами (довжиною, шириною і висотою) не була присутня кратність, і тим більше будь-які розміри не були рівні між собою.

У приміщеннях до 18 м^2 відмінну систему домашнього кінотеатру можна отримати за допомогою комплекту з відносно невеликою вхідною потужністю. У невеликих приміщеннях зазвичай виникають проблеми з розміщенням тилкових акустичних систем, оскільки вони досить близько розташовуються до слухача. Тому використовують дипольні тиллові гучномовці, які дають розсіяне звучання. Також рекомендується застосовувати активний сабвуфер з малими фронтальними акустичними системами. При цьому центральна акустична система повинна бути ширококутовою з горизонтальним розташуванням динаміків, що дає широку діаграму спрямованості в площині.

Приміщення розміром $18\text{-}25\text{ м}^2$, найбільш типові для сучасних багатоповерхових будинків. У таких приміщеннях можлива установка, як дорогих,

так і бюджетних систем. Зазвичай тилові гучномовці розташовують близько до слухача на задній стінці. Вони можуть бути, як дипольними, так і звичайними. Фронтальні колонки ставлять на відстані 60-90 см по сторонам телеекрану, для забезпечення жорсткої прив'язки звукової картини з відеозображенням. Центральну акустичну систему узгоджують з фронтальними динаміками. Завершальний штрих - установка активного сабвуфера, який містить підсилювач потужності до 100 Вт і розділові фільтри.

Приміщення понад 25 м² є дуже складними з точки зору акустичного оформлення. Великі площі і об'єми повітря, як правило, призводять до ефекту багаторазового перевідбиття звукових хвиль (акустично живе приміщення). Тут можлива установка гучномовців системи ТНХ, тобто максимально якісного відтворення звуку, при чому перед подачею сигналу, його частотні характеристики, з урахуванням специфічних умов демонстрації, відповідно коригуються. Тим самим усуваються перевідбиття звуку, і досягається високий ступінь локалізації віртуальних джерел звуку в приміщенні з відбиттями, що завдяки обов'язковим дипольним тильним гучномовцям, створює повний ефект присутності. Фронтальні і центральний гучномовці, які визначають звукову картину спереду, краще використовувати з обмеженою діаграмою спрямованості по вертикалі, мінімізуючи відбиття від підлоги і стелі. Дипольні гучномовці встановлюють на відстані 30-40 см по боках від слухачів. Центральну акустичну систему встановлюють частіше зверху над телеекраном або знизу, при чому вона повинна відтворювати повний

частотний діапазон. Рекомендується використання двох пасивних, асинхронно розташованих сабвуферів.

1.8. Налаштування апаратури домашнього кінотеатру

Взаємне підключення компонентів і установка динаміків, не закінчують процес облаштування домашнього кінотеатру, оскільки комплект апаратури необхідно ще налаштувати. Налаштування обладнання домашнього кінозалу полягає в почерговому налаштуванні кожної колонки,

шляхом подачі на неї сигналу - рожевий шум (звуковий сигнал, в якому в рівних пропорціях присутні всі звукові частоти). Для центрального каналу передбачено три способи включення: «фантомний» (центральный гучномовець відсутній, а його функції виконує пара фронтальних),

Normal (для малої компактної центральної акустичної системи, встановленої під або над телевізором) і Wide (для трьох однакових фронтальних акустичних систем).

Якщо центральна акустична система не передає частоти нижче 70 Гц (це можна дізнатися з паспортних даних), то слід використовувати режим Wide, особливо на низьких рівнях гучності. Цей режим буде забезпечувати більш виразне просторове звучання. На самому початку установки необхідно порівняти рівні всіх гучномовців і встановити їх на однакову величину, оскільки саме в цьому випадку найбільш яскраво проявляється просторовий ефект. Найбільш об'єктивну настройку допоможе здійснити вимірювач акустичного тиску. Але можна покласти на свій власний слух і встановити однакову гучність звучання всіх каналів за сигналом вбудованого генератора шуму, який по черзі подається на кожен канал.

Однією з головних умов високої якості просторового звучання є правильне запізнювання звуку тилкових каналів, по відношенню до фронтальним. Декодері Dolby Pro-Logic забезпечують установку запізнювання, як правило, в діапазоні від 15 до 30 мс. Рекомендується використання двох пасивних, асинхронно розташованих сабвуферів.

1.9. Тенденції сучасного ринку домашніх кінотеатрів

Основними тенденціями розвитку галузі аудіо- та відеотехніки для дому є розвиток багатоканальних систем звуковідтворення, впровадження бездротових способів передачі даних, еволюція плоских дисплеїв та підвищення якості відтворення зображення.

На сьогодні найкращою якістю зображення є 4K(Ultra HD) - роздільна здатність телевізійного обладнання, простіше, стандарт високої чіткості картинки у відео, який відповідає 4000 пікселям по горизонталі. Роздільна здатність даного стандарту у

чотири рази перевищує стандарт Full HD, який відповідає 1080 пікселям по горизонталі.

Також великий прогрес мультимедійних систем дає ширший спектр можливостей для використання домашнього кінотеатру в різних цілях, як для кіноперегляду так і відтворення різних видів інтернет-контенту .

Світовими лідерами виробництва мультимедійних систем для домашніх кінотеатрів компаній Tannoy, JBL, Triad, Panasonic, Sunfire, Triangle, Projecta, DaLite, Vidikron, Jahnke, Alphason.

Однією з найбільш популярних, згідно з рейтингами, є модель домашнього кінотеатру працює зі звуком 5.1 фірми Microlab - H-600. Microlab H-600- це один з найкращих варіантів для створення домашнього кінотеатру і прослуховування музичних композицій. Якісний об'ємний звук повністю занурює слухача в світ музики, фільмів, комп'ютерних ігор. Відмінний дизайн системи дозволяє їй чудово вписуватися в будь-який інтер'єр. Якість звучання акустики значно поліпшується завдяки тому, що сабвуфер і сателіти виконані з дерева. Модель можна встановлювати поряд з монітором або будь-якою іншою апаратурою, не побоюючись перешкод: магнітне екранування динаміків захищає від їх виникнення. Двосмугові сателіти забезпечують чисте відтворення високих частот і звуку в цілому. Гучне звучання акустики визначається її високою потужністю. Виражені, глибокі басы системи дозволять насолоджуватися якістю відтвореного звуку.

переваги: відмінну якість відтворення; стильний дорогий дизайн; потужний сабвуфер; зручність підключення і використання.

недоліки: відсутність цифрового входу S / PDIF.

Характеристики:

- Вихідна потужність, Вт RMS 320;
- Діапазон частот, Гц 20-20000;
- Матеріал корпусу (сабвуфер і сателіти) Дерево;
- Чутливість, мВ 300;
- Розмір динаміків: Сателіти (дюйми) F: 1 + 2,5x2, C, S: 2,5x2;
- Розмір динаміків: Сабвуфер (дюйми) 8;

- Захист магнітне екранування динаміків;
- Розміри, ДхШхВ, мм F: 200x240x1000, C: 300x140x120, S: 120x140x300, сабвуфер: 267x310x340.

РОЗДІЛ 2. ОЗВУЧУВАННЯ ПРИМІЩЕННЯ ДОМАШНЬОГО КІНОТЕАТРУ

2.1. Основні показники та вимоги до систем озвучування

Під озвучуванням розуміють, гучномовне відтворення акустичних сигналів (мовлення, звукозапису та ін.) В заданих місцях розташування слухачів у приміщенні або на відкритому повітрі.

На практиці часто доводиться мати справу з передачею інформації в приміщення, ізольовані від первинного джерела звуку (від диктора, лектора). У таких випадках для передачі інформації застосовується система озвучування, що складається з вторинних джерел звуку - гучномовців. Класичним прикладом використання системи озвучування є кінотеатри. Розглянемо найважливіші характеристики і вимоги, що пред'являються до систем озвучування.

Максимальний і мінімальний рівні поля - максимальна і мінімальна величина рівня прямого звуку (без урахування інтенсивності відбитого звуку), створювані системою озвучування на поверхні, що озвучується при підведенні номінальної потужності до гучномовців, що входять в систему озвучування. Поверхнею, що озвучується називають поверхню, що проходить на рівні голів слухачів. Для слухачів, що сидять вважають, що ця поверхня знаходиться на висоті 1-1,4 м від підлоги, що стоять - на 1,5 м від поверхні, на якій стоять слухачі. Величини цих рівнів залежать від призначення системи озвучування.

Нерівномірність озвучування - різниця між максимальною і мінімальною величинами рівня поля в межах поверхні, що озвучується.

$$\Delta L = L_{\max} - L_{\min} \quad (2.1)$$

В таблиці № 2.1 наведені рекомендовані розрахункові величини мінімальних рівнів поля L_{mp} для музичних передач і орієнтовні величини цих

рівнів для мовних передач в умовах невисоких рівнів шумів (не вище 50 дБ), підвищеному рівні шуму (але не більше 96-100 дБ), а також наведені граничні значення нерівномірності озвучування (з урахуванням інтерференційної нерівномірності).

Таблиця № 2.1 Необхідні параметри звукового поля

Призначення установки	L_{mp} , дБ	ΔL , дБ	Акустичне відношення	
			R_{min}	R_{max}
Відтворення музики та театральних ефектів	100	6	≥ 1	8-10
Відтворення музичних програм	94..96	6	≥ 1	8-10
Відтворення спеціальних (танці, гімнастика і ін.) програм	94..96	8	≥ 1	4-6
Посилення мови для низьких рівнів шумів	80..86	8	$\geq 0,5$	4-6
Посилення мови при підвищеному рівні шуму $L_{ш}$, дБ	$L_{mp} = L_{ш} + 10..15$ дБ (але не більше 96-100 дБ)			

Важливою характеристикою приміщення є, так зване, акустичне відношення. Відомо, що щільність енергії в приміщенні складається з двох частин: щільності енергії прямого звуку і багаторазово відбитих звуків, яке зазвичай називають дифузним полем. Відношення дифузійної складової до складової прямого звуку називають акустичним відношенням R . Якщо перейти до рівнів і позначити через L_D рівень дифузійної складової, а через L_{np} рівень прямого звуку, то різниця цих рівнів

$$10 \lg R = L_D - L_{np} \quad (2.2)$$

Акустичне відношення є одним з кількісних показників акустики приміщення. Якщо воно велике, то мова стає нерозбірливою, а музика, особливо при швидкому виконанні, стає немилослушною. Якщо акустичне відношення менше одиниці, то музика звучить уривчасто, втрачається плавність виконання. Мова звучить також

уривчасто, але якщо акустичне відношення дещо більше 0,5, то розбірливість не знижується. Тому прагнуть для мовних передач забезпечити акустичне відношення в межах 1..4, а для музичних -2..10. Рекомендовані величини прибудов зміни наведені в таблиці 2.1

Нерівномірність частотної характеристики системи озвучення в основному визначається нерівномірністю частотної характеристики електричної апаратури та частково загасанням в повітрі (при поширенні звуку на великі відстані).

Важливою вимогою до будь-яких трактів звукопередачі, найчастіше до останньої його ланки - приміщення, є оптимальність звучання і відсутність його різних дефектів. До дефектів звучання можна віднести: відлуння, бубніння через резонанси, підвищення рівня в окремих точках приміщення через фокусування енергії, створюваної куполами та іншими концентраторами енергії. Всі ці дефекти впливають на розбірливість мови в окремих точках приміщення і знижують якість звучання будь-яких передач. Тому по можливості вони повинні бути видалені.

Акустичні шуми -шуми в межах поверхні, що озвучується, створювані публікою, різними агрегатами і т.д., і шуми які, приходять ззовні. Зазвичай рівні і спектри цих шумів або бувають заздалегідь задані, або повинні бути виміряні в реальних умовах. Прагнуть до їх зменшення, але в ряді випадків вони неминучі, тому необхідно враховувати їх вплив при розрахунку.

Злитість звучання- відсутність помітного або заважаючого відлуння. Для музичних і мовних передач не повинно бути помітного відлуння, т.д. Слід прагнути до того, щоб різниця рівнів, що запізнюються і основних значень, була нижче порогових [8].

2.2.Класифікація систем озвучування

По розташуванню гучномовців системи озвучування діляться на зосереджені (централізовані), зональні (децентралізовані) загально зональні, розподілені і комбіновані.

У *зосередженій системі*, звук випромінюється одним або декількома гучномовцями, що розташовуються на невеликій відстані один від одного, тобто в кілька разів менше відстані від них до найближчих слухачів. При цьому якщо відстань між гучномовцями більше найдовшої звукової хвилі в переданому діапазоні частот, то в кожній точці звукового поля складаються інтенсивності звуку або квадрати звукових тисків, створюваних кожним гучномовцем. При близькому розташуванні однакових гучномовців один до одного (майже впритул) складаються звукові тиски. Таку систему найчастіше застосовують в кінотеатрах, театрах, для озвучування відкритих майданчиків для більш легкої локалізації сигналу, так як забезпечується хороша «прив'язка» зорового і слухового образу. Однак, забезпечити рівномірне розподілення потужності в просторі, використовуючи дану систему доволі важко.

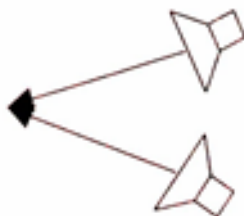


Рис. 2.1. Розміщення гучномовців на стінах при використанні зосередженої системи озвучування

До *зональних систем* відносять системи озвучування, що представляють собою зосереджені системи, кожна з яких обслуговує в основному свою зону озвучування. Ці зони, як правило, стикуються між собою. На стиках зон складаються інтенсивності від найближчих гучномовців. На лініях стику, якщо гучномовці створюють однакові інтенсивності, рівень збільшується на 3 дБ, в кутах зон - на 6 дБ. Такі системи застосовують для підзвучки окремих зон, частіше - це довгі вузькі простори (вулиці,

коридори, парки та ін.) Або великі площі, де зосереджена система не може забезпечити необхідний рівень звукового поля. Недоліком такого виду систем, є труднощі в поєднанні зорового і звукового образу.

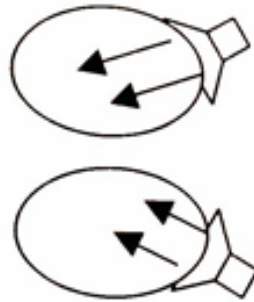


Рис. 2.2. Розміщення гучномовців на стінах при використанні зональної системи озвучування

В загально-зональних системах гучномовці розташовують в різних місцях, але при цьому вони випромінюють енергію в одну зону, створюючи при цьому ефект «звукового простору». Так як звук йде з різних напрямків, то можлива поява «заважаючого відлуння» викликаного різницею приходу в часі до слухача звукових сигналів. Величина тимчасового інтервалу приходу променів до слухача дорівнює відстані від джерела до слухача. Якщо сигнали однакової гучності, то максимальний часовий інтервал для злитого слухання сигналів дорівнює 40 мс, що відповідає відстані приблизно рівному 13,6 м. Якщо збільшувати відстані, то може виникнути ефект «просторового відлуння». Прибрати цей ефект можна за допомогою зниження рівня одного з сигналів або за рахунок збільшення часу приходу першого сигналу до слухача. Також важливий вплив на звукове поле в зоні мають тип сигналу (мова, музика) і час реверберації в зоні прослуховування.

До розподілених систем відносять системи озвучення, в яких гучномовці розподілені по всьому озвучуваному простору або приміщенню і для яких рівні поля в кожній точці поля визначаються сумарною дією всіх або більшості гучномовців, що входять в систему. Такий вид систем застосовують для озвучення великих зон розташування слухачів, коли немає необхідності в локалізації первинного джерела звуку. До переваг такої системи можна віднести: високу розбірливість, однорідність звукового поля по всій зоні озвучування і т. д. Розподілену систему реалізують в

вигляді акустичних колонок, що розміщуються з невеликим нахилом на стінах або гучномовців з великою потужністю встановлюваних на стелі.

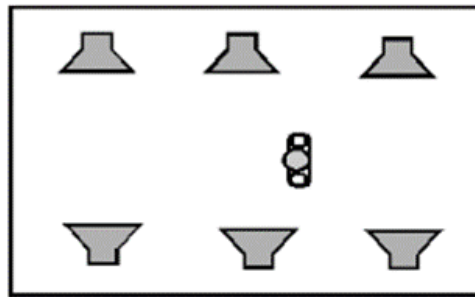


Рис. 2.3. Розміщення гучномовців на стінах при використанні розподіленої системи озвучування у вигляді двох настінних ланцюжків

У реальних установках озвучення часто застосовують поєднання кількох систем, так звані комбіновані системи. Найчастіше таке озвучування виконують за допомогою зональної і розподіленої системи з малопотужними гучномовцями. Доцільність застосування комбінованої системи визначається в кожному конкретному випадку відповідно до призначення установки і акустичними особливостями приміщення [9].

2.3. Гучномовці в системах озвучування

Задля досягнення малих нерівномірностей озвучування велику роль грає спрямованість гучномовців. Для звукофікації просторів, гучномовці за спрямованістю ділять на чотири типи: ненаправлені, звукові колонки, рупорні і радіальні гучномовці.

До *ненаправлених* відносять *дифузорні* гучномовці невеликих розмірів. Їх застосовують для звукофікації невеликих за розмірами об'єктів. Для цього використовують малопотужні гучномовці.

Звукові колонки потужністю 0,5..100 Вт і більше (для звукофікації віддалених зон) ставляться на вузьку базу, і тому їх спрямованість у вертикальній площині значно більше, ніж в горизонтальній. Характеристика спрямованості їх багатопелюсткова, але для спрощення розрахунків вона замінюється обвідною цих пелюсток і тому має

вигляд напівеліпса в передній півсфері і сферичної - в задній. Діаграма спрямованості в передній півсфері апроксимується напівеліпсами у вертикальній і горизонтальній площинах, що проходять через вісь колонки, а центри еліпсів розташовуються в робочому центрі колонки. Тоді вираз для характеристики спрямованості можна записати у вигляді:

$$R^2(\theta) = \frac{1 - e^2}{1 - e^2 \cos^2 \theta} \quad (2.3)$$

Ці еліпси характеризуються ексцентриситетами e і відповідно у вертикальній і горизонтальній площині. Величини ексцентриситетів залежать від частоти і відповідних розмірів колонки. При розрахунках рівнів звукового поля користуються усередненими значеннями ексцентриситетів (виваженими їх значеннями для шумового спектра мовного типу). Усереднене значення ексцентриситетів визначається за емпіричними формулами, якщо характеристика спрямованості не задана, а задані кути розкриття за рівнем -3 дБ або -6 дБ:

$$e = \sqrt{\frac{1 - 0.7^2}{1 - 0.7^2 \cos^2 \frac{\theta}{2}}} \quad (2.4)$$

$$e = \sqrt{\frac{1 - 0.5^2}{1 - 0.5^2 \cos^2 \frac{\theta}{2}}}$$

де θ - кут розкриття характеристики спрямованості за рівнем -3 або -6 дБ

Еліптична апроксимація характеристики спрямованості для звукових колонок справедлива до кутів 90° .

Рупорні гучномовці мають паспортну потужність 10..100 Вт і більше (потужні гучномовці використовуються для спеціальних цілей «а саме: оповіщення, озвучення віддалених і далеких зон до 10 км), більшість рупорних гучномовців, використовуваних для звукофікації, мають круглий вихідний отвір. Характеристика спрямованості рупорних гучномовців апроксимується еліпсоїдом, вершина якого знаходиться в робочому центрі випромінювача. Діаграми спрямованості мають вигляд еліпсів. Ексцентриситети цих еліпсів для вертикальної і горизонтальної

площин проходять через вісь рупора і залежать від частоти і розмірів рупорного отвору.

Радіальні гучномовці, Що випускаються для звукофікації просторових зональних систем, мають характеристику направленості в формі капелюшка гриба: кругова діаграма спрямованості в горизонтальній площині і сплющена у вертикальній площині, причому випромінювання вгору дуже мало, а вниз - на 6 дБ менше ніж під кутом 70° до вертикальної осі.

2.4. Розрахунок системи озвучування в приміщенні домашнього кінотеатру

При озвучуванні приміщень необхідно враховувати, що в приміщеннях обов'язково присутні ревербераційні перешкоди і перешкоди від дифузного звуку, що має рівень вище рівня прямого звуку, а також ряд особливостей, а саме: наявність відбиттів від обмежуючих поверхонь з невеликим запізненням по відношенню до прямого звуку, що підвищує ефективність систем озвучування; обмеження висоти підвісу через стелі і, як правило, менші розміри озвучених площ в порівнянні з відкритим простором.

Для озвучення приміщень використовують зосереджені і розподілені системи. Зональні системи застосовуються рідко, в основному, для озвучування балконів і лож. При озвученні приміщень майже не використовують рупорні гучномовці, так як вони не придатні для передачі художніх програм, а приміщення для мовних передач не такі великі, щоб застосовувати в них потужні гучномовці. Тому переважно застосовують звукові колонки.

Розрахунок акустичного поля є важливим інструментом для аналізу систем звукопідсилення й озвучування на етапі проектування. При цьому зазвичай розраховується нерівномірність розподілу рівнів звукового тиску по площі глядацьких місць. Розрахунок ведеться по прямому звуку і не враховує змін рівня звуку за рахунок додавання прямої і відбитої хвилі. У цьому розділі розглядаються методи розрахунку звукового поля прямого звуку і описана методика розрахунку звукового поля з урахуванням перших відображень.

Вважається, що колонки не впливають один на одного і акустичне поле в кожній точці приміщення обчислюється шляхом врахування вкладів полів, створюваних кожною колонкою окремо. Для побудови полів заданих колонок в заданому приміщенні вибирають відповідні системи координат. Візьмемо декартову систему координат $[x, y, z]$, обрану відповідно до геометричної форми приміщення. Вісь Oz варто направити вертикально вгору, а осі Ox і Oy бажано, паралельно стінам приміщення. Кожна колонка може бути довільно розташована в межах заданого приміщення, створюючи власну систему координат $[V, U, W]$

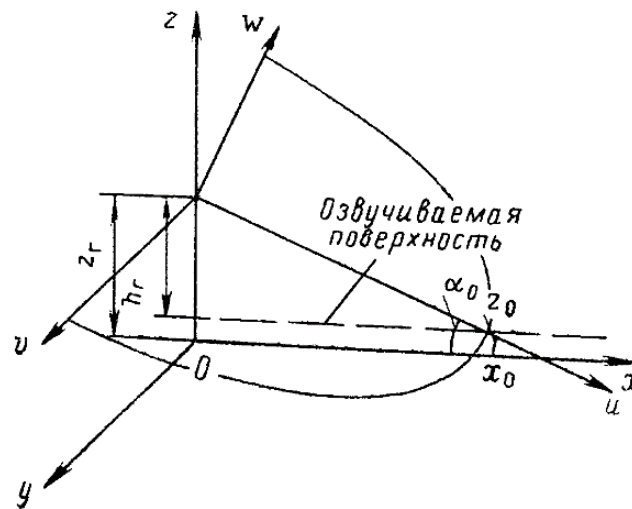


Рис. 2.4. Розташування осей координат за методом координат для звукової колонки

Вибирається система координат так, щоб її центр знаходився в центрі еліпсоїда спрямованості даної колонки, вісь U була спрямована по акустичній осі колонки, вісь W - по поздовжній осі колонки, а вісь V - по її поперечній осі (рис. 2.4). Розташування колонки (і відповідної системи координат) задається 5 координатами:

- x_i, y_i, z_i Координати гучномовця в системі координат приміщення.
- α кут нахилу колонки, вважаючи додатний нахил колонки вниз.
- γ кут повороту колонки в горизонтальному напрямку, вважаючи позитивним поворот проти годинникової стрілки (якщо дивитися зверху).

Для визначення вкладу i -ї колонки в рівень гучності звуку в точці з заданими координатами (x, y, z) , слід обчислити відповідні координати заданої точки в системі i -ї колонки, скориставшись наступною рівністю:

$$\begin{cases} U_i = [(x - x_i) \cos \gamma_i + (y - y_i) \sin \gamma_i] \cos \alpha_i - (z - z_i) \sin \alpha_i; \\ V_i = -(x - x_i) \sin \gamma_i + (y - y_i) \cos \gamma_i; \\ W_i = [(x - x_i) \cos \gamma_i + (y - y_i) \sin \gamma_i] \sin \alpha_i - (z - z_i) \cos \alpha_i. \end{cases} \quad (2.6)$$

В задачу розрахунку входить побудова зразкового графіка рівнів гучності звуку в горизонтальній площині прослуховування на заданій висоті над рівнем підлоги. Площина, що розглядається обмежується прямокутником, в який вписується дане приміщення. Прямокутник розбивається на безліч елементарних ланок-прямокутників малого розміру. У кожній (j -й) осередку розраховується внесок кожної (i -й) колонки:

$$P_{ij}^2 = \frac{P_{ni}^2}{U_i^2 + \frac{V_i^2}{1 - e_2^2} + \frac{W_i^2}{1 - e_6^2}} \quad (2.7)$$

При цьому при обчисленні значень координат $[V, U, W]$ в формулі 2.6 замість значень координат (x, y, z) ставляться координати j -й ланки.

Повний тиск в j -й ланці від всіх випромінювачів визначається як:

$$P_{\Sigma j}^2 = \sum_i P_{ij}^2 \quad (2.8)$$

Надалі в розрахунку від тисків в точках поля переходять до рівнів, використовуючи такі вирази:

$$L_{j, \text{дБ}} = 20 \lg \frac{P_{\Sigma j}}{P_0} = 10 \lg \frac{P_{\Sigma j}^2}{P_0} \quad (2.9)$$

де $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Середній рівень звуку в приміщенні при цьому буде визначено як [8]

$$L_{cp} = \frac{\sum L_j}{j} \quad (2.10)$$

2.5. Програма для розрахунку акустичного поля в приміщенні

домашнього кінотеатру

Тема просторового звучання зараз популярна, особливо при використанні формату 5.1, як основного формату, який використовується для побудови домашніх кінотеатрів. Узагальнюючих експериментальних робіт щодо вибору та встановлення апаратури систем домашніх кінотеатрів на даний момент не так вже й багато (це в основному поодинокі акустичні розрахунки конкретних приміщень під певний тип апаратури). У зв'язку з цим, результат даної роботи, як спроба узагальнення наявної інформації з метою впровадження даного формату в повсякденне життя, буде корисним.

При проведенні серії експериментів для аналізу акустичного поля приміщення використовуватимемо рекомендації, наведені в книзі Й.Блауерт «Просторовий слух»[16]. Площа приміщення, де розміщується домашній кінотеатр, $S_{np} = 40\text{м}^2$ з висотою стель $h \leq 3\text{м}$. Апаратура системи домашнього кінотеатру розміщується в приміщенні згідно референсній схемі, яка наведена на рис. 1.3.

На підставі вище викладеної теорії, була написана програма [10] для розрахунку акустичного поля в приміщенні домашнього кінотеатру, в якому встановлюється система для роботи з 5.1 звуком, в програмному математичному середовищі MATLAB [11]. Програма дозволяє розраховувати розподіл рівня звукового тиску в межах горизонтальної площини на рівні голів слухачів, тобто на відстані 1,1..1,4 м від підлоги.

Інтерфейс програми показаний на рис. 2.5.

Расчёт акустического поля домашнего кинотеатра.
Параметры расчёта:

Размеры помещения, м:			Расстояние от пола до ушей слушателя, м:		Отсечка, дБ:					
x	y	z	z		84					
	6	5	3	0.9						
КОЛОНКИ	Расположение, м			Направление, °		Эксцентриситет		Уровень, дБ		
	x	y	z	азимут	наклон	вертик.	гориз.			
	Центральная:	3	0.5	0.4	90	-5	0.7		0.7	80
	Фронтальные:	0.4	1.2	1.1	37	2	0.7		0.7	77
	Тыльные:	3.6	1.2	1.1	143	2	0.7		0.7	77
Сабвуфер:	2.2	0.7	0.2	80	0	0.7	0.7	80		
Диапазон частот сателитов, Гц:			мин.	макс.	Диапазон частот сабвуфера, Гц:		мин.	макс.	Шкала:	
			170	12000			30	200	Нет ▾	
Расстояние от центральной колонки до центра зоны прослушивания, м:			Dx		Dy		START			
2			0.8		1.4					

Рис. 2.5. Інтерфейс програми розрахунку акустичного поля домашнього кінотеатру

Вхідними параметрами для розрахунку є такі дані (описуються в файлі `addspeaker.m`):

- розміри приміщення;
- розташування сателітів і сабвуфера системи домашнього кінотеатру в приміщенні;
- напрямок акустичних систем, а саме азимут і нахил колонок;
- діапазони частот сателітів і сабвуфера, а саме максимальне і мінімальне значення частоти відтвореними гучномовцями
- відстань від підлоги до вух слухачів;
- гучність динаміків системи;
- шкала усереднення (A, B, C або без усереднення);
- відстань від центральної колонки до центру зони прослуховування;
- розміри зони прослуховування, які задаються діаметрами по осі Ox і Oy , так як передбачається, що зона прослуховування в приміщенні домашнього кінотеатру має форму еліпса.

Вихідні дані розробленого інтерфейсу виводяться на екран у вигляді графіків тривимірних поверхонь і вікна характеристик звукового поля в зоні прослуховування

(рис. 2.6), в якому зазначаються, розраховані за формулами (2.10) і (2.1), середній рівень звуку і нерівномірність звукового поля.

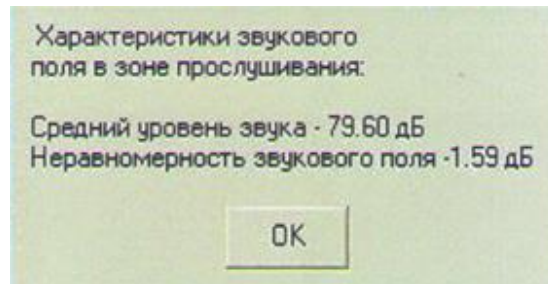


Рис. 2.6. Вікно характеристик звукового поля в зоні прослуховування, розрахованих за допомогою програми

На виведених програмою графіках показано розподіл рівня звукового тиску по полю на рівні голів слухачів для сателітів (рис. 2.7) і сабвуфера (рис. 2.8) системи домашнього кінотеатру, а також сумарне звукове поле в приміщенні домашнього кінотеатру з виділеної в формі еліпса зоною прослуховування глядачів (рис. 3.9.). Можливе виведення всіх перерахованих вище графіків, але в одному вікні, - це заздалегідь уточнюється програмою у користувача в окремому діалоговому вікні (рис. 2.10).

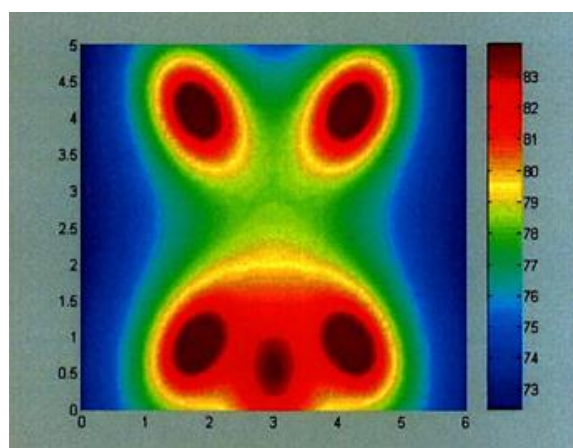


Рис. 2.7. Акустичне поле в приміщенні домашнього кінотеатру для сателітів, розраховане за допомогою програми

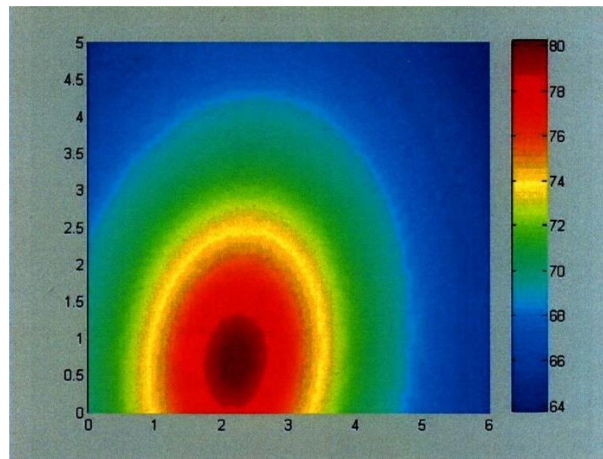


Рис. 2.8. Акустичне поле в приміщенні домашнього кінотеатру для буфера, розраховане за допомогою програми

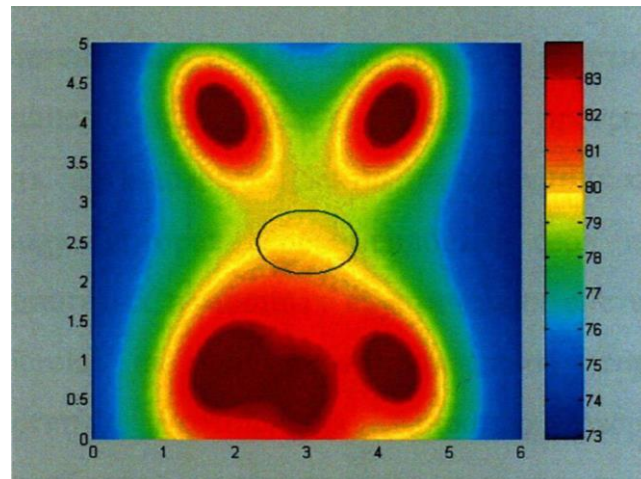


Рис. 2.9. Сумарне (скориговане) акустичне поле в приміщенні домашнього кінотеатру, розраховане за допомогою програми

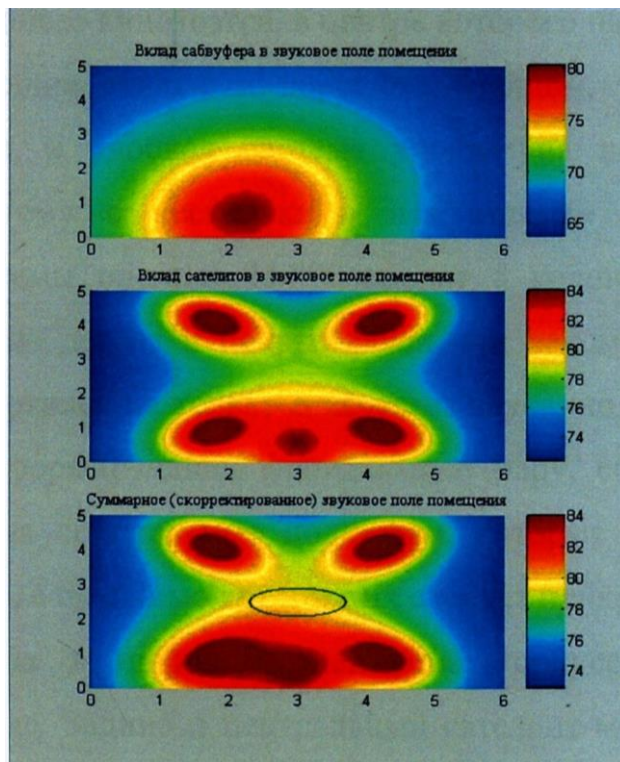


Рис. 2.10. Звукові поля приміщення для домашнього кінотеатру, зчитані за допомогою програми

2.6. Опис апаратури використовуваної в експерименті з моделювання акустичного поля приміщення для домашнього кінотеатру

Для експериментального моделювання акустичного поля в приміщенні домашнього кінотеатру за допомогою розробленої програми будемо використовувати комплект для домашніх кінотеатрів фірми Microlab Technology, яка зарекомендувала себе як виробник якісних, елегантних і потужних акустичних систем. При чому варто зауважити, що microlab не користується підтримкою сторонніх компаній, процеси розробки та виготовлення повністю довірені власним фахівцям. Розробкою принципово нових рішень і доопрацюванням старих займається відділ R & D під керівництвом видатного і всесвітньо відомого конструктора Пітера Ларсена.

Оцінимо дві моделі домашніх кінотеатрів фірми Microlab:

Microlab H-600 доступна і якісна система, покликана стати основою для домашнього кінотеатру, в центрі якого знаходиться комп'ютер. Колонки, що володіють стильним дорогим дизайном, вдало впишуться в будь-яке приміщення, а

зручна система управління дозволить комфортно використовувати систему з декількома джерелами сигналу. До складу акустичної системи microlab H-600 входять 5 колонок і сабвуфер. Їх корпус виконаний з дерева і покритий рояльним лаком - відчувається, що розробник подбав не тільки про якість звуку, але і дизайн системи. Висота колонок, які формують фронтальну пару, становить 1 м. Вони встановлюються на спеціальні підставки, які входять в комплект разом з шурупами, за допомогою яких їх слід прикрутити. Центральна колонка виконана в широкому «лежачому» корпусі, а тиллові - в традиційному стилі.

Підключити колонки до керуючого модуля пропонується за допомогою спеціального кабелю з безкисневої міді (ОРС). У комплект поставки входить 30 метрів цього кабелю: з надлишком вистачить для середнього приміщення.

Позолочені акустичні входи і виходи розташовані на корпусі сабвуфера. Поточні параметри відтворення відображаються на дисплеї виносного блоку управління. Перемикається між джерелами сигналу, встановлювати баланс високих і низьких частот, регулювати гучність і виконувати інші настройки можна за допомогою дистанційного пульта, який входить в комплект поставки.



Рис. 2.11. Акустична система для домашнього кінотеатру Microlab H-600

Microlab X-27. Акустична - система X27 від компанії Microlab - це компактність, милий дизайн і прекрасне звучання. Для максимального озвучування простору динаміки моделі можна поставити на підлогу (в комплект входять спеціальні підставки) або закріпити па стіні. У кожену колонку вбудована шовкова ВЧ-головка (1 дюйм), з боків якої розташовуються 3-дюймові динаміки, розроблені відомим фахівцем по Hi-Fi - акустиці Пітером Ларсеном. Звучання являє собою чудове

поєднання чистих високих і глибок частот. Це досягається завдяки двосмуговим сателітам і 8-дюймовому сабвуферу [4].



Рис. 2.12. Акустична система для домашнього кінотеатру Microlab X27

Параметри microlab H-600 і X27 наведені в таблиці № 2.2.

Таблиця № 2.2. Технічні характеристики моделей домашніх кінотеатрів фірми Microlab Technology

Технічні характеристики	Модель H-600	Модель X-27
Тип АС	5.1	5.1
Драйвери сателітів	1 "x1,2.5"x2	3/4"x1, 3"x2
Сабвуфер	8 "x1	8 "x1
Чутливість, мВ	300	380
Діапазон частот, Гц	45-22000	45-22000
Діапазон частот сабвуфера, Гц	45..500	
Вихідна потужність, Вт RMS	360	320
Габарити сателітів В x Ш x Г, мм	1000 (330) x 200 x24	296 x 90 x 250
Габарити сабвуфера В x Ш x Г, мм	340x310x267	1115x98x290

Також проведемо серію експериментів з акустикою для домашніх кінотеатрів інших виробників, а саме моделями комплектів системи 5.1 *Philips HTS5000W*, яка має такі параметри: потужність сателітів і сабвуфера становить 55 Вт * 2,8 Ом і 100 Вт * 4 Ом відповідно, а частотний діапазон - 120..20кГц для гучномовців і 40..500 Гц для сабвуфера [17].



Рис. 2.13. Домашній кінотеатр Philips HTS5000W

Домашній кінотеатр Harman kardon hs350bq, акустична система якого має наступні характеристики: 5 колонок (фронтальні, тиллові, центральна): 5x60 Вт (RMS). Сабвуфер: 100 Вт (RMS) Частотний діапазон колонок - 140..20 000 Гц для гучномовців і 35..500 Гц. для сабвуфера [18].



Рис. 2.14. Домашній кінотеатр Harman kardon hs350bq

2.7. Акустичні поля домашніх кінотеатрів

Змоделюймо за допомогою програми *homescinema* акустичні поля в приміщенні з розмірами: довжина $l=6\text{м}$, ширина $b=5\text{м}$, висота стелі $h=3\text{м}$, для апаратури розставленої по рефренсній схемі розстановки для домашніх кінотеатрів, що

працюють зі звуком у форматі 5.1. Параметри систем домашніх кінотеатрів були приведені в попередньому пункті. В якості тестового сигналу, що подається на колонки використовується рожевий шум.

перекладені значення електричних вихідних потужностей (RMS) в Вт акустичних систем домашніх кінотеатрів в рівні гучності в дБ з урах. ККД (див. формула 1.2), наведені в таблиці № 2.3.

Таблиця № 2.3. Рівні гучності систем домашніх кінотеатрів

Параметри акустичної системи	Система домашнього кінотеатру			
	Microlab H-600	Microlab X-27	Philips HTS5000W	Harman kardon hs350bq
Рівень сателітів, дБ	119,34	118,83	111,18	111,56
Рівень савбуфера, дБ	113,78			

Після моделювання акустичних полів були отримані наступні графіки розподілу рівнів звукового поля в приміщенні домашнього кінозалу (рис. 2.15-2.18)

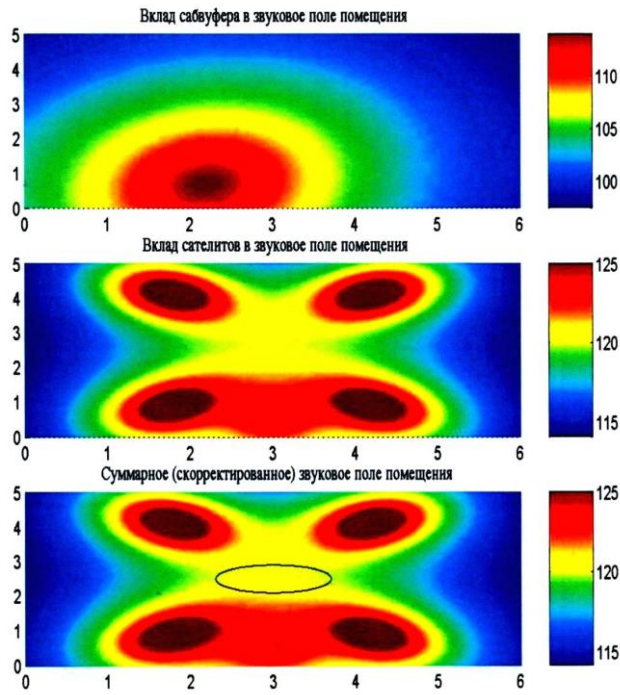


Рис. 2.15. Акустичне поле в приміщенні з встановленою апаратурою Домашнього кінотеатру Microlab H-600

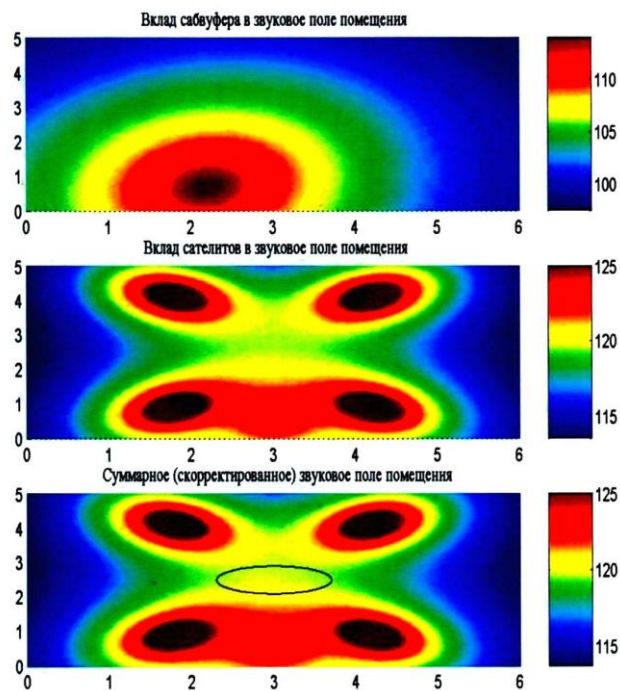


Рис. 2.16. Акустичне поле в приміщенні з встановленою апаратурою Домашнього кінотеатру Microlab X27

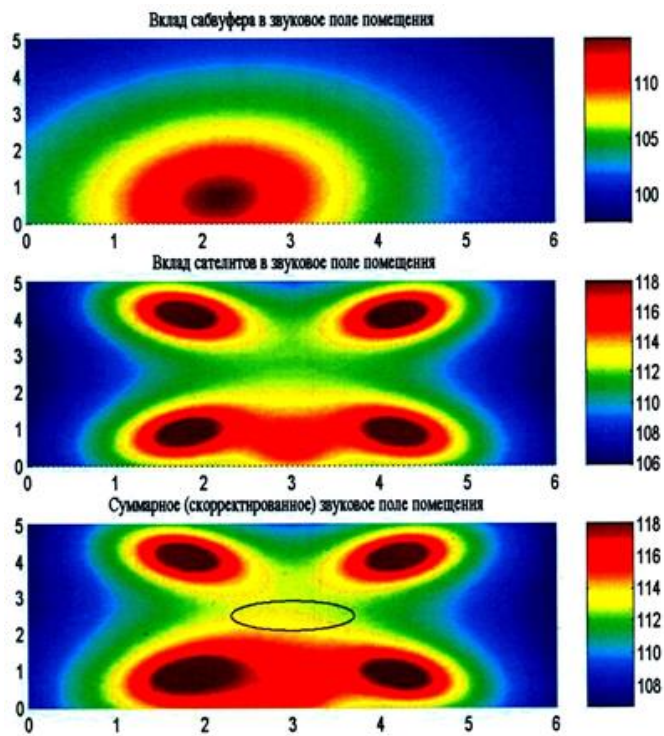


Рис. 2.17. Астичне поле в приміщенні з встановленою апаратурою для домашнього кінотеатру Philips HTS5000W

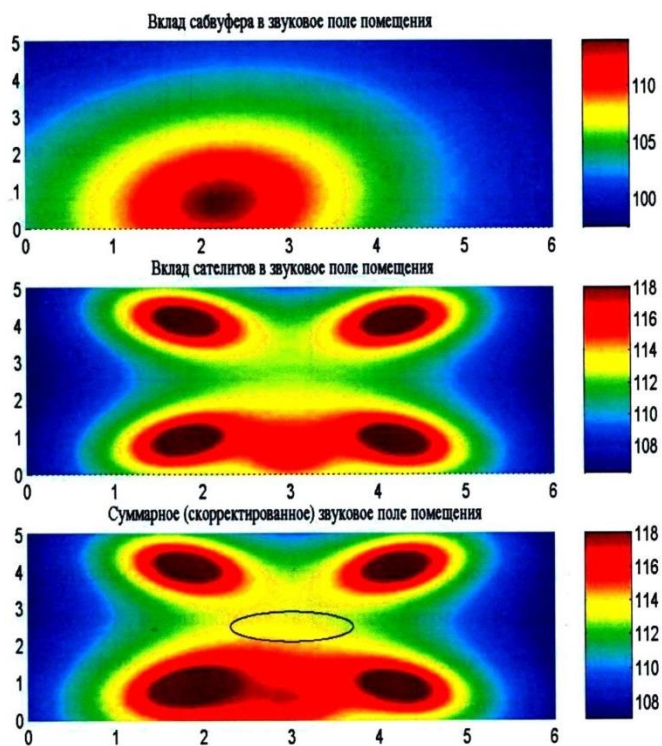


Рис. 2.18. Акустичне поле в приміщенні з встановленою апаратурою для домашнього кінотеатру Harman kardon hs350bq

Отримані в результаті моделювання за допомогою розробленої програми характеристики звукового поля в зоні прослуховування для системи домашніх кінотеатрів наведені в таблиці № 2.4.

Таблиця № 2.4. Характеристики звукового поля приміщення домашнього кінотеатру в зоні прослуховування

Характеристика звукового поля	Система домашнього кінотеатру			
	Microlab H-600	Microlab X-27	Philips HTS5000W	Harman kardon hs350bq
Середній рівень звуку, дБ	120,37	119,88	113,13	113,43
Нерівномірність звукового поля, дБ	0,91	0,92	1,42	1,38

На підставі отриманих в ході експерименту результатів можна зробити ряд висновків:

- розташування колонок системи домашнього кінотеатру по референсній схемою дозволяє отримати в зоні розташування місць слухачів, в залежності від розглянутих моделей домашніх кінотеатрів, Нерівномірність озвучування в діапазоні від 0,91 до 1,42 дБ, що не перевищує граничних значень нерівномірності озвучування приміщень, які складають 6 і 8 дБ для музики і мови відповідно, для всіх обраних систем.

- середній рівень звуку в приміщенні домашнього кінотеатру (див. табл. № 2.4) і лежить в межах 113 до 120 дБ, і залежить від вихідної потужності сателітів обраної моделі домашнього кінотеатру.

- серед розглянутих моделей домашніх кінотеатрів найбільш краща картина звукового поля в приміщенні домашнього кінозалу (див. рис. 2.15-2.18) була отримана при моделюванні звукового поля з встановленою апаратурою фірми Microlab - моделі H 600.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ДОМАШНЬОГО КІНОТЕАТРУ

Особливістю кінозалу є відсутність первинного джерела глядачі сприймають заздалегідь записаний звуковий сигнал, створений в приміщенні за допомогою гучномовців. При чому запис здійснюється з таким розрахунком, щоб характер звучання відповідав зображуваній на екрані обстановці (гулке звучання в великому приміщенні, «сухе» - у відкритому просторі або малій кімнаті. Так як цей характер не повинен змінюватися при відтворенні запису, то в кінозалі зазвичай прагнуть забезпечити порівняно невеликий час реверберації. Так для приміщення домашнього кінотеатру рекомендований час реверберації становить $0,3 \pm 0,15$ с. Частотна характеристика часу реверберації може бути рівною або з деяким зростанням в сторону низьких частот. Допускається зростання часу реверберації на частоті 125 Гц на 20% (в порівнянні з часом реверберації на частоті 500 Гц). З огляду на те, що звук приходить з різних точок, глядач повинен мати можливість відчувати напрямок джерела звуку. Це досягається при обробці основної площі огорожувальних поверхонь акустичними матеріалами, на розподіл яких впливає розстановка апаратура, форма і розміри приміщення [8].

3.1. Опис і розрахунок приміщення для домашнього кінотеатру

Під домашній кінотеатр було відведено приміщення вітальні в квартирі 35, по вул. Гмирі 9а, розташованої на 9 поверсі 16-поверхового монолітного будинку.

Приміщення прямокутної форми з розмірами: довжина $l=5,24$ м, ширина $b = 3,44$ м, висота стель $h = 2,65$ м.

Приміщення межує з балконом, коридором, кухнею і однією стіною, яка є несучою, а такою ж кімнатою в сусідній квартирі. Стіни виконані з монолітного залізобетону, товщина стін-перегородок – 16см.

товщина несучої стіни - 20 см. Міжповерхові перекриття – монолітні залізобетонні плити товщиною 20 см.

В боковій бічній стіні є дверний проріз з розмірами 1,9*2м. На передній стіні розташоване вікно - подвійний склопакет з розмірами 1,8*1,1м Передня, задня і одна

з бічних стін - залізобетонна плита товщиною 16 см, оштукатурена і обклеєна вініловими шпалерами . Бічна стіна (несуча) - залізобетонна плита товщиною 20 см з вирівнюючою стяжкою обклеєна вініловими шпалерами. Підлога - залізобетонна плита -міжповерхового перекриття з вирівнюючою стяжкою товщиною 4 см і паркетом 2,2 см. Стеля - залізобетонна плита міжповерхового перекриття, оштукатурена і обклеєна вініловими шпалерами. У приміщенні знаходиться м'який диван , стіл-тумба і апаратура.

Мета даного розрахунку - створити оптимальні умови прослуховування звукових програм при мінімальному внесенні змін до дизайну приміщення, наближення стандартного часу реверберації до оптимальному на всіх частотах звукового діапазону. Розрахунок виконується на частотах 125, 250, 500, 1000, 2000 і 4000 Гц. За результатами розрахунку визначається тип і кількість акустичних матеріалів, а також їх розміщення в приміщенні.

$$V = l \cdot b \cdot h = 5,24 \cdot 3,44 \cdot 2,65 = 47,77 \text{ м}^3 - \text{об'єм приміщення}$$

$$S_{\text{заг}} = 99,26 \text{ м}^2 - \text{площа огорожувальних поверхонь.}$$

$$T_{\text{opt}} = 0,3 \pm 0,15 \text{ с} - \text{оптимальний час реверберації.}$$

Розрахунок загального поглинання починають з визначення необхідної кількості поглинання A_0 . При цьому будемо використовувати такі основні розрахункові формули:

- Для часу реверберації

$$T = \frac{0.163 \cdot V}{A_{\text{заг}}}; \text{ при } \alpha_{\text{сер}} \leq 0.2 \quad (3.1)$$

$$T = \frac{0.164 \cdot V}{-S_{\text{заг}} \cdot \ln \left(1 - \frac{A_{\text{заг}}}{S_{\text{заг}}} \right)}; \text{ при } \alpha_{\text{сер}} \geq 0.2 \quad (3.2)$$

- Середній коефіцієнт звукопоглинання

$$\alpha_{\text{сер}} = \frac{A_{\text{заг}}}{S_{\text{заг}}}; \quad (3.3)$$

• Фонд поглинання

$$A_{заг} = \sum_i \alpha_i S_i + \sum A + \alpha_{доб} S_{заг} ; \quad (3.4)$$

$$A_{необх} = S_{заг} \left(1 - \exp \frac{V}{S_{заг}} \cdot \left(4 \cdot \mu - \frac{0.164}{T} \right) \right) , \quad (4.5)$$

де - μ коефіцієнт загасання звуку в повітрі, який для приміщень малого об'єму на частотах нижче 1000 Гц можна прийняти рівним 0. Вологість повітря в приміщенні 60-70%, тому на частоті 2000 Гц - $\mu = 0,0025$, а на 4000 Гц - $\mu = 0,052$ [11,12].

Практично не вдається підібрати звукопоглинальні матеріали так, щоб домогтися збігу значень поглинання A з необхідним A_0 у всіх точках робочого діапазону. Результат підбору будемо вважати прийнятним, якщо для зазначеного раніше ряду частот розрахункове значення T відрізняється від оптимального не більше ніж на 10% :

$$T_{\min} = 0.9T ; \quad (3.6)$$

$$T_{\max} = 1.1T ; \quad (3.7)$$

$$A_{\min} = S_{заг} \left(1 - \exp \frac{V}{S_{заг}} \cdot \left(4 \cdot \mu - \frac{0.164}{T_{\max}} \right) \right) ; \quad (3.8)$$

$$A_{\max} = S_{заг} \left(1 - \exp \frac{V}{S_{заг}} \cdot \left(4 \cdot \mu - \frac{0.164}{T_{\min}} \right) \right) ; \quad (3.9)$$

результати розрахунків по формулах 3.1-3.9 для приміщення домашнього кінотеатру до акустичної обробки зведемо в таблиці №3.1 і 3.2.

Таблиця № 3.1. Фон поглинання в приміщенні до акустичної обробки

Найменування поглинача	Площа або кількість людей	Частота, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
Підлога	18,025	0,1	0,1	0,1	0,08	0,06	0,06
		1,8025	1,8025	1,8025	1,4420	1,0815	1,0815
Стеля	18,025	0,1	0,1	0,1	0,08	0,06	0,06
		1,8025	1,8025	1,8025	1,4420	1,0815	1,0815
Передня стіна	9,116	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,1823	0,1823	0,1823	0,1823	0,3646	0,3646
Задня стінка	9,116	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,1823	0,1823	0,1823	0,1823	0,3646	0,3646
Бічна стіна	11,906	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,2381	0,2381	0,2381	0,2381	0,4762	0,4762
Бічна стіна	13,886	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,2777	0,2777	0,2777	0,2777	0,5554	0,5554
Вікно	1,98	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
		0,693	0,495	0,3564	0,2376	0,1386	0,0792
Дверний отвір	3,8	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
		0,76	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Стіл-тумба	1,1	0,3	0,16	0,08	0,05	0,04	0,08
		0,33	0,176	0,088	0,055	0,044	0,088
Апаратура	1,3	0,25	0,15	0,06	0,05	0,04	0,04
		0,325	0,195	0,078	0,065	0,052	0,052
Люди на м'якому	5	0,25	0,3	0,4	0,45	0,45	0,4
		1,25	1,5	2	2,25	2,25	2

Таблиця № 3.2. Розрахункові величини для приміщення домашнього кінотеатру до акустичної обробки

$S_{\text{дод}}, \text{м}^2$	4,9713	4,8693	4,5257	4,1806	4,5776	4,5622
$A_{\text{заг}}, \text{м}^2$	12,4426	12,7386	13,0514	12,8613	13,6552	13,1244
$\alpha_{\text{сеп}}$	0,141	0,1443	0,1479	0,1457	0,1547	0,1487
$T, \text{с}$	0,6258	0,6112	0,6054	0,5702	0,5702	0,5933
$T_{\text{min}}, \text{с}$	0,5632	0,5501	0,5448	0,5132	0,5132	0,534
$T_{\text{max}}, \text{с}$	0,6883	0,6723	0,6659	0,6272	0,6272	0,6526
$A_{\text{необх}}, \text{м}^2$	20,3472	20,7692	20,9434	22,059	21,7004	13,338
$A_{\text{min}}, \text{м}^2$	18,7098	19,1029	19,2651	20,306	19,9373	11,432
$A_{\text{max}}, \text{м}^2$	22,2961	22,751	22,9393	24,1417	23,793	15,605

Розрахований час реверберації в два рази перевищує необхідний для домашніх кінотеатрів час реверберації. Проведемо акустичну обробку приміщення, додавши в неї звукопоглинальних матеріалів, при чому при мінімальній зміні дизайну приміщення, в зв'язку з вимогою замовника, і повторно зробимо розрахунок за формулами 3.1-3.9. Результати розрахунків приміщення після акустичної обробки зведемо в таблиці № 3.3 і 3.4.

Таблиця № 3.3. Фон поглинання в приміщенні після акустичної обробки

Найменування поглинача	Площа або кількість людей	Частота, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
Підлога	18,025	0,1	0,1	0,1	0,08	0,06	0,06
		1,8025	1,8025	1,8025	1,4420	1,0815	1,0815
Стеля	18,025	0,3	0,18	0,08	0,07	0,06	0,07
		5,4079	3,2446	1,442	1,2618	1,0815	1,2618
Передня стіна	9,116	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,1823	0,1823	0,1823	0,1823	0,3646	0,3646
задня стінка	9,116	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,1823	0,1823	0,1823	0,1823	0,3646	0,3646
бічна стіна	11,906	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,2381	0,2381	0,2381	0,2381	0,4762	0,4762
бічна стіна	13,886	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,2777	0,2777	0,2777	0,2777	0,5554	0,5554
вікно	1,98	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
		0,693	0,495	0,3564	0,2376	0,1386	0,0792
Дверний отвір	3,8	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
		0,76	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Стіл-тумба	1,1	0,3	0,16	0,08	0,05	0,04	0,08
		0,33	0,176	0,088	0,055	0,044	0,088
апаратура	1,3	0,25	0,15	0,06	0,05	0,04	0,04
		0,325	0,195	0,078	0,065	0,052	0,052
Люди на м'якому дивані	5	0,25	0,3	0,4	0,45	0,45	0,4
		1,25	1,5	2	2,25	2,25	2
штора	9	0,04	0,04	0,11	0,17	0,3	0,35
		0,36	0,36	0,99	1,53	2,7	3,15
килим	2	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,3
		0,22	0,28	0,74	0,86	0,54	0,6

Таблиця № 3.4. Розрахункові величини для приміщення домашнього кінотеатру після акустичної обробки

$S_{\text{дод}}, \text{м}^2$	10,55072	8,763648	8,467488	9,06792	10,05863	10,54349
$A_{\text{зад}}, \text{м}^2$	23,60144	20,5273	20,93498	22,63584	24,61726	25,08698
$\alpha_{\text{сеп}}$	0,237785	0,206813	0,210921	0,228057	0,24802	0,252752
$T, \text{с}$	0,329902	0,379308	0,333183	0,304921	0,276893	0,270893
$T_{\text{min}}, \text{с}$	0,296912	0,341377	0,299864	0,274429	0,249204	0,243804
$T_{\text{max}}, \text{с}$	0,362892	0,417238	0,366501	0,335413	0,304582	0,297983
$A_{\text{необх}}, \text{м}^2$	38,8801	34,84143	38,5838435	41,28959	44,09616	39,37219
$A_{\text{min}}, \text{м}^2$	36,08901	32,25916	35,80729	38,38493	41,04475	35,98404
$A_{\text{max}}, \text{м}^2$	42,12451	37,86276	41,81294	44,65217	47,60929	43,26785

Невеликі зміни внесені в дизайн приміщення дозволили наблизити час реверберації до оптимального для приміщень домашніх кінотеатрів з попаданням точно в необхідний діапазон.

3.2. Розстановка апаратури в приміщенні домашнього кінотеатру

У розглянутому приміщенні вже раніше була виставлена апаратура і меблі, як показано на рис. 3.1.

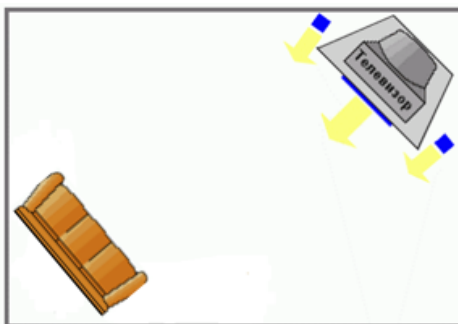


Рис. 3.1. Первинна схема розміщення апаратури в кімнаті

При такому розташуванні слухачів створити коректне звукове поле можливо, але тільки для однієї людини, що сидить в кутку дивана. Просто при спробі повісити тиллові АС широко, щоб охопити всіх тих, хто сидить, вийде ситуація, коли для сидячого в кутку тиллові АС виявляться попереду, а глядачі по бокам все рівно будуть чути помітний дисбаланс каналів. Навіть рознесення фронтальних АС трохи в сторони не дає можливість дотримати принцип рівностороннього трикутника. Так що залишається «театр для однієї людини».

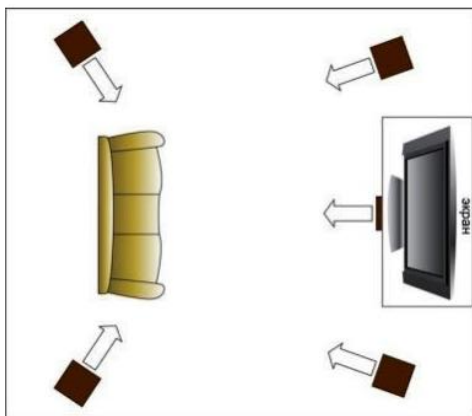


Рис. 3.2. Рекомендована схема розміщення апаратури в кімнаті.

Тому було запропоновано змінити розстановку апаратури і меблів в кімнаті так, щоб розміщення, як можна більше відповідало референсній схемі розміщення об'єктів в приміщенні домашнього кінотеатру (рис. 3.2). Така схема розміщення дозволила розмістити глядачів в зоні об'ємного звучання.

3.3. Розрахунок звукоізоляції в приміщенні домашнього кінотеатру

Розрахунок звукоізоляції від повітряних шумів проведемо наступним чином. Виходячи з розташування приміщення, визначають за довідковими даними рівні L_i тиллових джерел шуму. Виходячи з призначення приміщення, визначають допустимий рівень шуму L_D в ньому. Потім розраховують фактичний рівень шумів L_ϕ всередині приміщення і зіставляють його з допустимим .

$$L_\phi = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^N S_i \cdot 10^{0.1 \cdot (L_i - \tau_i)} \right) - 10 \lg A, \quad (3.10)$$

де S_i - площі перегородок(або їх окремих ділянок), відділяючих i -е джерело шуму від приміщення; τ_i - значення власної звукоізоляції відповідних ділянок; A - значення поглинання звуку всередині приміщення.

При розрахунку L_ϕ значення власної звукоізоляції (і тип перегородки) підбирають так, щоб забезпечити нерівність

$$L_\phi \leq L_D \quad (3.11)$$

Цей підбір роблять, користуючись довідковими даними для τ_i перегородок різних типів. Підбір неоднозначний: одне і те ж значення L_ϕ можна отримати, комбінуючи різні перегородки. Крім того, необхідно домогтися не якогось конкретного значення L_ϕ а тільки задовольнити нерівність 3.11. В силу цих обставин з'являється спокуса застосувати перегородки з максимально можливими значеннями звукоізоляції. Таке рішення задачі не вважається задовільним.

При підборі перегородок слід врахувати економічний фактор. Оскільки можливе проникнення шуму не тільки через перегородки, слід при підборі їх звукоізоляції виходити з нерівності,

$$L_\phi \leq L_D - 3 \text{ дБ}, \quad (3.12)$$

що враховує неминуче включення в L_ϕ шумів, проникаючих в приміщення іншими шляхами [13].

Потужність джерел шуму і звукоізолюючі властивості перегородок неоднакові в різних частотних діапазонах. Як правило, звукоізоляція зменшується з пониженням частоти. Тому звукоізоляцію слід розраховувати для кожного частотного піддіапазону окремо.

Величини $S_i \cdot 10^{0.1 \cdot (L_i - \tau_i)}$ пропорційні потужності шуму, що перевипромінюється i -ю ділянкою перегородки. Зіставлення цих величин дозволяє врахувати внесок в сумарний рівень шуму тієї чи іншої ділянки перегородок. Бажано, щоб всі ці величини були одного порядку. Те, що одна з них (або кілька) значно менше за інших, вказує на можливість вибору відповідних перегородок з меншими τ_i ,

відповідно в більшості випадків і більш економічних. Результати розрахунку за формулами 3.10-3.13 наведено в таблиці 3.5.

Таблиця № 3.5. Звукоізоляція огорожувальних конструкцій

Назва перегородок	Рівень джерела, L_i	Площа перегородки, S_i	Власна звукоізоляція, τ_i	$S_i \cdot 10^{0,1 \cdot (L_i - \tau_i)}$	Фактичний рівень шумів, L_ϕ
Підлога	70	18,0256	56	452,7826	26,5589
Стеля	70	18,0256	56	452,7826	26,5589
Передня стіна	65	9,116	51	228,9836	23,598
Задня стіна	70	9,116	51	724,1096	28,598
Бічна стіна	60	11,906	51	94,5727	19,75761
Бічна стіна	75	13,886	51	3488,0054	35,4257
Вікно	65	1,98	28	9923,5072	39,9666
Дверний	60	3,8	15	120166,6	50,79781

Отже, фактичний рівень звукоізоляції приміщення дорівнює 28,96 дБ, що безумовно менше, ніж необхідна нормами звукоізоляція, Тому, рекомендується застосування ефективних для боротьби з шумами звукоізоляційних матеріалів і конструкцій, а також спеціальних звукоізоляційних вікон і дверей. Але, у зв'язку вимогою замовника про внесення в інтер'єр мінімальних змін, а також мінімізації витрат, використання таких конструкцій досить складне. Оптимальним рішенням виявилось внесення наступних змін в дизайн: на стелю - гіпсокартонна підвісна конструкція, важка штора на передню стіну (9 м^2), на підлогу - вовняний килим на повстяній основі (2 м^2), а дверний проріз задрапували плюшевою шторою зі складками [14]

Провівши розрахунок звукоізоляції, я отримав, що фактичний рівень шумів всередині розглянутого приміщення становить 24 дБ, що відповідає допустимому рівню шумів в кінозалах, рівному 30-35 дБ. Але, враховуючи, що рівень гучності кінотеатру становить, як було сказано раніше 90-100 дБ, то рівень шумів проникаючих в приміщення суміжні з домашнім кінозалом становить 70 дБ.

3.4. Моделювання акустичного поля в приміщенні домашнього кінотеатру

Акустичне поле і характеристики звукового поля в зоні прослуховування в приміщенні домашнього кінотеатру, створені комплектом системи 5.1 для домашнього кінотеатру Philips HTS5000W, яка має такі параметри (див. Рис. 5.3): потужність сателітів і сабвуфера становить 55 Вт * 2,8 Ом і 100 Вт * 4 Ом відповідно, а частотний діапазон - 120..20к Гц для гучномовців і 40..500 Гц для сабвуфера, розраховані за допомогою інтерфейсу [15], наведені на рис. 3.4 і 3.5.

Расчёт акустического поля домашнего кинотеатра.
Параметры расчёта:

Размеры помещения, м:			x		y		z		Расстояние от пола до ушей слушателя, м:		Отсечка, дБ:				
			5.24		3.44		2.65		1.1		120				
КОЛОНКИ	Расположение, м						Направление, °		Эксцентриситет		Уровень, дБ				
	x		y		z		азимут	наклон	вертик.	гориз.					
	Центральная:		2.62		0.18		1.1		90	0		0.7	0.7	110	
	Фронтальные:		0.66		1.15		1.1		30	0		0.7	0.7	110	
Тыльные:		3.09		2.16		1.1		110	0	0.7	0.7	110			
Сабвуфер:		1.82		0.38		0.6		69	-14	0.7	0.7	113			
Диапазон частот сателитов, Гц:			мин.		макс.		Диапазон частот сабвуфера, Гц:			мин.		макс.		Шкала:	
			120		20000		40			500		Нет		Нет	
Расстояние от центральной колонки до центра зоны прослушивания, м:				2.3				Размеры зоны прослушивания, м:		Dx		Dy		СТАРТ	
								1.1		2		СТАРТ			

Рис. 3.3. Дані для моделювання акустичного поля в приміщенні домашнього кінозалу за допомогою комплекту Philips HTS5000W

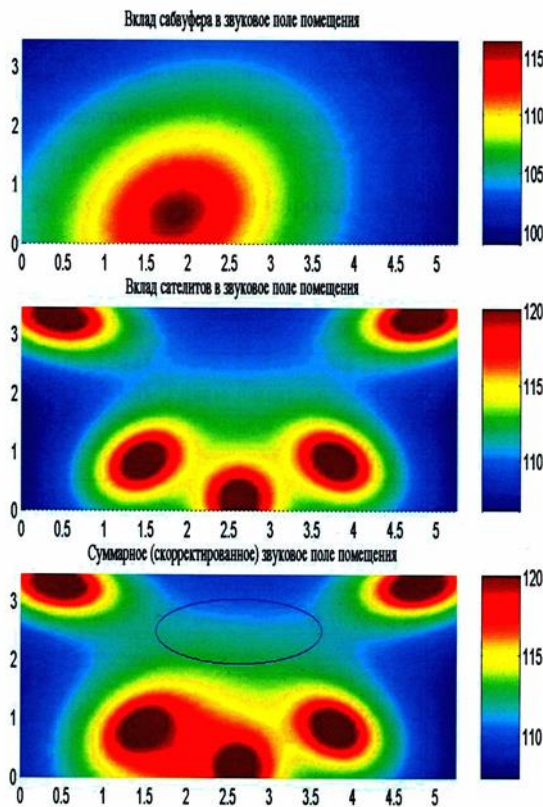


Рис. 3.4. Акустичне поле в приміщенні домашнього кінотеатру

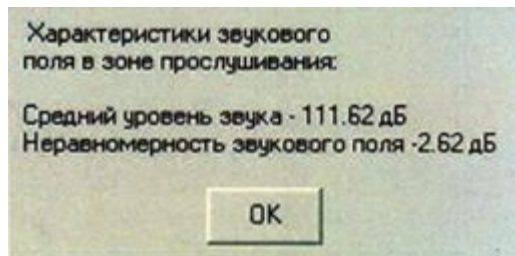


Рис 3.5. Характеристики звукового поля в зоні прослуховування в приміщенні домашнього кінотеатру

Побудуємо розподіл акустичного поля в приміщенні для домашнього кінотеатру Philips HTS5000W на частотах 500 і 6000 Гц. Значення нормованої частотної характеристики R і розраховані для неї значення ексцентриситетів e , за формулою 3.4, наведені в таблиці 3.6.

Таблиця № 3.6. Значення нормованої частотної характеристики і ексцентриситетів для колонок системи домашнього кінотеатру Philips HTS5000W на частотах 500 і 6000 Гц.

Частота Гц	θ°	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
500	R	1	0.84	0.92	0.76	0.6	0.2	0.56	0.64	0.68	0.64
	e	-	0.43	0.4844	0.681	0.7184	0.9993	0.727	0.8929	0.7152	0.7063
6000	R	0.5	1	0.75	0.5	0.55	0.48	0.45	0.5	0.5	0.6
	e	1	0	0.7536	0.8832	0.7618	0.9948	0.8177	0.944	0.8543	0.7424

Після моделювання акустичних полів були отримані наступні графіки розподілу рівнів звукового поля в приміщенні домашнього кінозалу (рис. 3.8 і 3.9) і характеристики звукового поля в зоні прослуховування для системи домашніх кінотеатрів, які наведені в таблиці № 3.7.

Таблиця № 3.7. Характеристики звукового поля в зоні прослуховування для системи домашнього кінотеатру Philips HTS5000W на частотах 500 і 6000 Гц

Частота, Гц	Характеристики звукового поля в зоні прослуховування	
	Середній рівень звуку, дБ	Нерівномірність звукового поля, дБ
500	111,58	2,74
6000	111,5	2,53

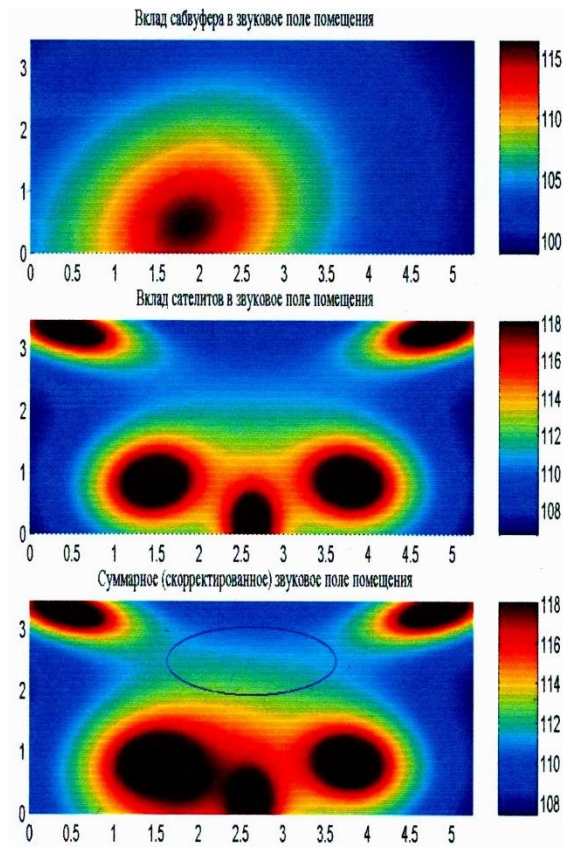


Рис. 3.8. Акустичне поле в приміщенні з установленою апаратурою домашнього кінотеатру Philips HTS5000W на частоті 500 Гц

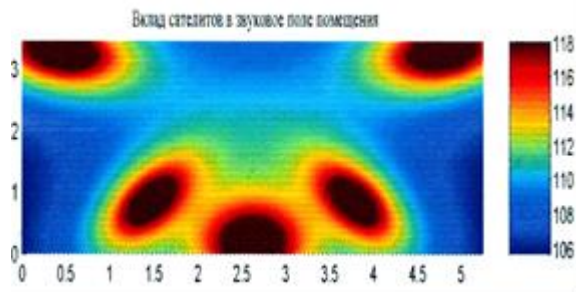


Рис. 3.9. Акустичне поле в приміщенні з установленою апаратурою домашнього кінотеатру Philips HTS5000W на частоті 6000 Гц

РОЗДІЛ 4. СТАРТАП-ПРОЕКТ

«Програма для розрахунку акустичного поля домашнього кінотеатру»

Програма для розрахунку акустичного поля домашнього кінотеатру являє собою застосунок для обчислення та моделювання акустичного поля, що створюється комплектом домашнього кінотеатру у відповідно заданому приміщенні. Програма призначена для допомоги в виборі найбільш підходящої акустичної апаратури для окремо взятого приміщення, відповідно до його характеристик, а також для виявлення проблем, що заважають створити необхідний звуковий тиск в приміщенні домашнього кінотеатру.

Актуальність проекту

- Розвиток технологій просторового звучання
 - Розвиток технологій мультимедіа
 - Тенденція до установки систем домашніх кінотеатрів в житлових приміщеннях
- Українського аналогу даної програми поки не було опубліковано

Які проблеми ринку вирішує продукт стартапу:

- Дороговизна установки систем просторового звучання
- Вибір неякісних систем просторового звучання
- Складність вибору апаратури просторового звучання для необхідного приміщення
- Складність розрахунку створюваного звукового поля апаратурою домашнього кінотеатру

Аналіз ринку: конкуренти, їх продукція, в чому переваги і недоліки продукції конкурентів.

Конкуренти:

-Україна: немає

-Світ: близько 4 компаній

Ahnert Feistel Media Group, Berlin, Germany- німецька компанія, що займається такими напрямками як: електро-акустичне моделювання, електронні та акустичні вимірювання, застосунки в інженерії та фізиці, розвиток програмного забезпечення та технічного обслуговування. Компанія розробила програмне забезпечення «EASE v4.2», що являє собою незамінний інструмент для розробників систем озвучування. «EASE» дозволяє моделювати роботу звукових систем на майданчиках різної складності (церкви і собори, стадіони, арени, театри і т.д.).



Рис. 4.1. Програмне забезпечення EASE

Прототипом програмного забезпечення «Program 5.1» обрано програмне забезпечення «EASE v4.2», що може виконувати схожі функції

Перевагами даного пакету є можливість:

- Створити тривимірну модель роботи акустичної системи в приміщенні;
- Конструювати кластери і лінійні масиви, а також аналізувати їх можливості;
- Проаналізувати акустичні властивості будь-якої обраної точки приміщення;

Недоліками програмного забезпечення є:

- Складність використання
- Дороговизна придбання ліцензії
- Багато непотрібних функцій

Сутність ідеї стартапу. Сутність технічного рішення стартапу, конкурентні переваги продукту

- Ідея полягає в тому, щоб підібрати необхідну акустичну апаратуру опираючись на відповідні розрахунки акустичних характеристик

приміщення, а також моделювання даної апаратури в ньому для перевірки правильності розробленого акустичного проекту.

- Програмне забезпечення розроблене на основі теорії озвучення приміщень
- Програма має нескладний інтерфейс
- Програма дозволяє методом моделювання описати необхідну акустичну апаратуру в приміщенні та виміряти всі характеристики, на противагу натурному експерименту
- Продукт є українським, що позитивно вплине на розвиток економіки

Хто є споживачем продукції і в чому полягає ціннісна пропозиція

Споживачі:

- Власники квартир або будинків
- Організації, що займаються установкою акустичної апаратури
- Забудовники елітних будинків та квартир

Ціннісна пропозиція:

- економія часу та коштів на підбір апаратури
- підбір якісної апаратури
- створення роботоздатного приміщення домашнього кінотеатру

Канали збуту продукції

- Дистрибуція через Інтернет(товари першої групи)

Заходи маркетингового просування продукції проекту

- Реклама на сайтах з продажу акустичної апаратури
- Реклама на сайтах оформлення квартир
- Виставки Hi-Fi апаратури

Обґрунтування бізнес моделі

Бізнес-модель даного програмного забезпечення ґрунтується на ідеї відкритого програмного забезпечення, оскільки:

- Може бути продане і використане в комерційних цілях

- Використання подвійного ліцензування дозволяє продавати ПЗ під окремими умовами ліцензування
- Клієнти можуть користуватися даними ПЗ безплатно або ж придбати комерційну версію

Класифікація ризиків нового продукту

Таблиця 4.1. Класифікація ризиків нового продукту

№	Об'єкт	Визначення	Приклад
1	Внутрішні ризики		
1.1	Строки написання ПЗ	Неточності в визначенні планових строків реалізації проекту	Розробка блоку програми зайняла набагато більше ресурсів ніж попередньо оцінювалось
1.2	Мова написання ПЗ	Ризики пов'язані з вибором опитамальної мови написання ПЗ	Блоки програми передбачали реалізацію на конкретній мові програмування , а в результаті частина функціоналу не була реалізована
2	Зовнішні ризики		
2.1	Науково-технічний прогрес	Ризики, що виникають у тривалих, негнучких проектах та пов'язані з розвитком нових, кращих технологій до завершення проекту	Вихід нового, сучаснішого методу розробки ПЗ
2.2	Зовнішня економіка	Ризики, пов'язані з валютними операціями, зовнішньоекономічними контрактами.	Введення змін на макроекономічному рівні, що матиме вплив на виконання дійсних міжнародних контактів

ВИСНОВКИ

Дана магістерська робота розглядає питання пов'язані з вибором, компонованням і установкою елементів системи домашнього кінотеатру, а також проблем звукоізоляції приміщення домашнього кінозалу і створення оптимального акустичного поля в ньому. Розміщення акустичних систем для домашнього кінотеатру має істотний вплив на якість звучання. Правильна їх установка - найбільш важливий фактор досягнення якісного звучання.

Переважно використовувати рефренсну схему установки апаратури - центр, фронтальна і тильна пари розташовані на лінії віртуального кола, радіусом якого є відстань від слухача до центральної АС, а центром - голова слухача. Тилові канали розташовані (на віртуальному колі) під кутом $110^{\circ} \pm 10^{\circ}$ до осі «слухач-екран». Така схема забезпечує рівномірне акустичне поле в зоні прослуховування, що підтвердилося під час експерименту.

Для середньостатистичної житлової кімнати в 20 м² цілком достатньо комплекту потужністю близько 150-200 Вт RMS, при чому, бажано щоб потужність сабвуфера була в 3 рази більше потужності сателіта.

При розрахунку звукоізоляції приміщення домашнього кінозалу необхідно враховувати категорії комфортності і норми ізоляції від шуму, з урахуванням взаємного впливу з сусідніми приміщеннями.

Основними джерелами шуму в приміщенні домашнього кінотеатру є: шум побутових приладів, звуки людського голосу і музичних інструментів, шуми будівельних систем, а також зовнішні шуми (шуми вулиці і звуки з сусідніх приміщень). Часто приміщення не відповідає нормам звукоізоляції, регламентованим СНиП 11-12-77 «Захист від шуму». Слід звернути увагу, що звукоізоляція недостатня з боку внутрішніх перегородок будівлі, зазвичай для типових квартир у висотних будинках на базі секцій це гіпсобетонні плити товщиною 8 см,

міжповерхових перекриттів (збірні залізобетонні плити з затиркою і побілкою) і підлог (паркетна дошка або лінолеум), і становить близько 49 дБ.

Застосування звукоізоляційних конструкцій типу «сендвіч» для стін, «плаваюча підлога» і т. Д. Дозволяє зменшити здатний проникати в приміщення повітряний шум до 13 дБ. Використання звукоізоляційних віконних блоків дозволяє знизити здатний проникати в приміщення шум до 8 дБ, причому експериментальні дані показують, що однокамерні і двокамерні склопакети схожі за своїм ізоляційним характеристикам. При виборі звукоізоляційних дверей слід врахувати, з якими приміщеннями є сусідами кінозал. В цілому ж звукоізоляція від повітряного шуму для дверей становить 38-42 дБ.

При озвучуванні приміщень необхідно враховувати, що в приміщеннях обов'язково присутні ревербераційні перешкоди, які мають рівень вище рівня прямого звуку. Крім того, житлове приміщення має ряд особливостей: наявність відбиттів від обмежуючих поверхонь з невеликим запізненням по відношенню до прямого звуку, що підвищує ефективність систем озвучування; обмеження висоти підвісу через стелі і як правило менші розміри озвучених площ в порівнянні з відкритим простором. У зв'язку з цим, для озвучування житлових приміщень доцільно використовувати зосереджені системи.

У третьому розділі магістерської роботи розглядаються методи | розрахунку звукового поля прямого звуку. На цій підставі, в математичному програмному середовищі MATLAB , була написана, програма *homecinema* - для розрахунку акустичного поля в приміщенні домашнього кінотеатру, в якому встановлюється система для роботи з 5 + 1 звуком. Програма дозволяє розраховувати розподіл рівня звукового тиску по полю на рівні голів слухачів, тобто на відстані від підлоги.

За допомогою програми *homecinema* були змодельовані акустичні поля в приміщенні домашнього кінотеатру з активними комплектами для домашніх кінотеатрів фірми *Microlab Technology* - моделі *Microlab H-600* і *Microlab X-27*, а також моделями систем домашнього кінотеатру *Philips HTS5000W* та *Harman Kardon hs350bq*. Результати моделювання наведені в 4й главі магістерської роботи, на підставі їх можна зробити ряд висновків:

- розташування колонок системи домашнього кінотеатру по референсній схемі дозволяє отримати в зоні розташування місць слухачів достатню нерівномірність

озвучування, в межах від 0,91 до 1,42 дБ, що не перевищує допустимих значень нерівномірності озвучування приміщень, складових 6 і 8 дБ для музики і мови відповідно;

- середній рівень звуку в приміщенні домашнього кінотеатру лежить в межах 113 до 120 дБ і залежить від вихідної потужності сателітів моделі домашнього кінотеатру.

У заключній главі магістерської роботи наведено акустичний розрахунок реального приміщення для домашнього кінотеатру до і після акустичної обробки приміщення. В результаті акустичної обробки в приміщенні домашнього кінозалу забезпечено час реверберації $0,3 \pm 0,15$ с. Було проведено моделювання акустичного поля приміщення. При цьому отримані наступні характеристики звукового поля: середній рівень звуку - 111,62 дБ, нерівномірність звукового поля - 2,62 дБ, яка не перевищує граничних значень нерівномірності при озвучуванні приміщень

Створення домашнього кінотеатру не можна описати однією спільною методикою. Необхідно враховувати параметри і особливості приміщення, обгрунтовано вибрати апаратуру для домашнього кінотеатру і розмістити її в приміщенні кінозалу. Таким чином, для кожного окремо взятого проекту домашнього кінозалу необхідний індивідуальний акустичний проект, розрахунок звукового поля для декількох варіантів комплектів апаратури систем домашніх кінозалів, з подальшою їхньою оптимізацією, як і було викладено в даній статті. Все це в цілому допоможе створити акустичний комфорт як в приміщенні домашнього кінотеатру, так і за його межами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Харли Р. Домашний кинотеатр для каждого. Пер. с англ. - М.: Арт Аудио Пресс, 2001. - 200 с., ил.
2. Савинов В. Кино без билета // Stereo & Video.-1997.-№3.
3. Богданова Н.В., Фурсенко В.В., Пономаренко В.А., Гайдаенко В.Г. Компьютерное моделирование системы излучателей в виде двойного линейного массива. East European Scientific Journal. #10(38), 2018 part 2, Pp. 67-72.
4. Статті та публікації по системам домашніх кінотеатрів [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: www.microlab.ru
5. Стаття: «Інсталяція домашніх кінотеатрів» [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: inf@savaru.ru.
6. Стаття: «Звукоізоляція приміщень» [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: www.acoustic.ru.
7. Статті та публікації по системам домашніх кінотеатрів та їх інсталяції [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: www.AllAcoustics.ru.htm.
8. Саввов В. Домашний театр. Большие и маленькие хитрости // Салон АВ.-1999.-№9.
9. Сапожков М.А. Звукофикация помещений: Проектирование и расчет.— М.: Связь, 1976.—144 с., ил.
10. Богданова Н.В., Фурсенко В.В., Пономаренко В.А., Гайдаенко В.Г. Проблемы создания и акустического расчета современных домашних кинотеатров. East European Scientific Journal. #10(38), 2018 part 2, Pp. 73-79.
11. Дьяконов В. П. MATLAB + Simulink. Основы применения. Серия «Библиотека профессионала».- М.: СОЛОН- Пресс, 2005. - 800 с.: ил.
12. Акустика: Справочник / А. П. Ефимов, А. В. Никонов, М. А. Сапожков, В. И. Шоров; Под ред. М. А. Сапожкова. - 2-е тд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1989. - 336 с.: ил.
13. Акустический проект помещений. Методические указания к курсовой работе по дисциплине "Акустика" для студентов специальности "Акустика и

ультразвуковая техника" всех форм обучения / Сост.: Е.С.Белоус, Б.М.Бескоровайный, В.Б.Галаненко и др.- Киев: КПИ, 1985. - 68 с.

14. Богданова Н.В., Гайдаенко В.Г., Пономаренко В.А., Фурсенко В.В. Принцип построения и расчет помещения для домашнего кинотеатра. East European Scientific Journal. #10(38), 2018 part 2, Pp. 14-21

15. Пономаренко В.О. Моделювання акустичного поля у приміщенні домашнього кінотеатру. І Всеукраїнська науково-технічна конференція сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем. Тези доповідей 26-28 листопада 2018 р. м. Київ. С. 27-28

16. Блауэрт Й. Пространственный слух. М.: Энергия, 1979. 222 с16.

17. HTS5000W/12 Philips Безпроводний домашній кінотеатр [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://www.download.p4c.philips.com/>

18. Harman kardon hs350bq домашній кінотеатр [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <http://www.soundandvision.co.uk/dvd/dvd-home-cinema-systems/harman-kardon-hs-350-black>