НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського"
(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Акустичних та мультимедійних електронних систем
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Сергій НАЙДА
(підпис) (ініціали, прізвище)
"___" _червня____2022 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня «бакалавр»
(назва ОКР)

з напряму підготовки 171
"Електроніка"
(код та назва напряму підготовки або спеціальності)

на тему: **"Камерна концертно-театральна зала зі змінними акустичними параметрами"**

Виконав: студент 4 курсу, групи ДВ-81
Всяких Владислав Євгенійович
(прізвище ім.'я, по батькові) (підпис)

Керівник старший викладач, к.т.н. Гребінь О.П.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант
(назва розділу) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант
(назва розділу) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент доцент кафедри ЕПС, канд. техн. наук, доцент Л.М. Батрак
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2022 року

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	А4		Завдання на дипломний проект	1	
2	А4	ЕВДФ. 425010.016 ПЗ	Камерна концертно-театральна		
			зала зі змінними акустичними		
			параметрами		
			Пояснювальна записка	66	
3	А1	ЕВДФ. 425010.016 БК	План та розріз кінотеатральної зали		
			Будівельне креслення	1	
4	А1	ЕВДФ. 425010.016 ТК	Розташування звукопоглинальних		
			матеріалів		
			Теоретичне креслення	1	
5	А1	ЕВДФ. 425010.016 Е1	Звукотехнічне обладнання		
			глядацького залу. Схема електрична		
			структурна	1	
6	А4	ЕВДФ. 425010.016 ТЗ	Камерна концертно-театральна	3	
			зала зі змінними акустичними		
			параметрами		

Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕВДФ. 425010.016 ТП			
Розроб.		Всяких В.Є.			Камерна концертно-театральна зала зі змінними акустичними параметрами Відомість дипломного проекту	Літера	Арк.	Аркушів
Перевір.							1	1
Реценз.						ФЕЛ, гр. ДВ-81		
Н. контр.								
Затв.		Гребінь О.П.						

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет **Електроніки**

Кафедра **Акустичних та мультимедійних електронних систем**

Рівень вищої освіти **перший (бакалаврський)**

Напрям підготовки **171 "Електроніка"**
(шифр і назва)

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Завідувач кафедри
Сергій НАЙДА
(підпис) (ініціали, прізвище)
"__"_____ ___2022 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту

Всяких Владислава Євгенійовича
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. **Тема проекту** **" Камерна концертно-театральна зала зі змінними акустичними параметрами "**

керівник проекту Гребінь Олександр Павлович, к.т.н. старший викладач
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 06.06.2022 р. № 911-с

2. **Строк подання студентом проекту** 10.06.2022 р.

3. **Вихідні дані до проекту** Приміщення для показу вистав концертно-театрального характеру.
Зробити розрахунки акустичних умов окремо для театральних та концертних вистав. Розробити механізм для зміни акустичних параметрів під необхідну виставу.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити)
а) основна частина Визначити концепцію побудови концертно-театральних залів, зазначити загальні акустичні параметри залів та обладнання для динамічної зміни параметрів. Зазначити особливості розрахунку акустичних умов концертних та театральних залів, систем озвучення. Виконати розрахунок акустичних умов.

5. **Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
План приміщення зали.
Розгортка поверхонь приміщення із розташуванням звукопоглинальних матеріалів.

6. **Консультанти розділів проекту**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. **Дата видачі завдання** 15.04.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз літературних джерел. Визначення		
	особливостей формування акустичних умов		
	в приміщеннях кінотеатрів	20.04.22 р.	виконано
2.	Визначення особливостей розрахунку		
	акустичних умов кінозали	04.05.22 р.	виконано
3.	Розробка та розрахунок акустичних умов		
	кінозали сімейного типу.	22.05.22 р.	виконано
6.	Розробка та оформлення креслень.	29.05.22 р.	виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки		
	на дипломний проект.	10.06.22 р.	виконано

Студент _____ Владислав ВСЯКИХ
(підпис) (ініціали, прізвище)

Керівник роботи _____ Олександр ГРЕБІНЬ
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему: **“ Камерна концертно-театральна зала зі змінними акустичними параметрами”**

Київ – 2022 року

УДК 621.396

РЕФЕРАТ

Всяких В.Є. Камерна концертно-театральна зала зі змінними акустичними параметрами :

дипломний проект бакалавра : 171 Електроніка. – Київ, 2022. – 72 с

Концертно-театральна зала, акустичні умови, концерт, театральна вистава, звукопоглинання.

Об'єктом проектування є камерна концертно-театральна зала, та зміна її акустичних параметрів.

Метою роботи є аналіз обладнання залів, акустичних умов, створення концепції залу зі змінними акустичними параметрами, проектування архітектури та закладення системи звукоізоляції.

У результаті виконання дипломного проекту отримано готове рішення для створення камерної концертно-театральної зали, та зміна її акустичних параметрів, а саме наведено готові креслення з розташуванням акустичних матеріалів.

ABSTRACT

Vsiakykh V.Y. Chamber concert-theater hall with variable acoustic parameters: bachelor's thesis project: 171 Electronics. - Kyiv, 2022. - 72 p

Concert and theater hall, acoustic conditions, concert, theatrical performance, sound absorption.

The object of design is a chamber concert and theater hall, and change its acoustic parameters.

The purpose of the work is to analyze the equipment of the halls, acoustic conditions, create a concept of the hall with variable acoustic parameters, design of architecture and installation of sound insulation system.

As a result of the diploma project, a ready-made solution for the creation of a chamber concert and theater hall, and change of its acoustic parameters, namely, ready-made drawings with the location of acoustic materials

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ…….…..4

ВСТУП…….……..…..……....…..5

1 КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ КОНЦЕРТНО-ТЕАТРАЛЬНИХ ЗАЛІВ……..……...…6

1.1 Визначення та загальна характеристика концертно-театральних й театральних заходів……..……..……..6

1.2 Класифікація концертно-театральних й театральних заходів та відповідних залів……..……..…….….8

1.3 Вимоги до акустичних параметрів концертно-театральних зали…..11

1.4 Звукотехнічне обладнання концертно-театральних залів……..…17

1.5 Зміни технологій в концертно-театральних заходах……..18

2 РОЗРОБКА ТА ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КАМЕРНОЇ КОНЦЕРТНО-ТЕАТРАЛЬНОЇ ЗАЛИ ІЗ ЗМІНИМИ АКУСТИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ……..…….……...23

2.1 Аналіз структурної схеми обладнання концертно-театральної зали.....23

2.2 Опис особливостей, функціональних можливостей та технічних параметрів системи звукопідсилення концертно-театрального або театрального заходу…….….26

2.3 Опис особливостей, функціональних можливостей та технічних параметрів засобів облаштування акустичних умов приміщення зали…….…….……..…32

2.4 Аналіз звукопоглинальних та звукорозсіювальних матеріалів для забезпечення акустичних умов приміщення зали……...34

3 РОЗРОБКА ТА ОПИС АРХІТЕКТУРИ ПРИМІЩЕННЯ КАМЕРНОЇ КОНЦЕРТНОТЕАТРАЛЬНОЇ ЗАЛИ ТА ЗАБЕЗБЕЧЕННЯ АКУСТИЧНИХ УМОВ…….……..…..40

3.1 Особливості проектування акустичних умов приміщення камерної концертно-театральної зали …….…….40
3.2 Розрахунок необхідних акустичних параметрів зали……..…….41
3.2.1 Забезпечення часу реверберації для проведення концертно-театральних заходів…….....41
3.2.2 Забезпечення часу реверберації для проведення театральних заходів……...48
ВИСНОВКИ……..…….52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ……..…….54
Додаток А Графічна частина…….56
Додаток Б Summary…….……61
Додаток С Технічне завдання ……..……..63

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АЧХ - амплітудно-частотна характеристика;

НЧ - низька частота;

СЧ - середні частоти;

ПП – підсилювач потужності;

ЦК – центральний канал;

ФНЧ – фільтр низьких частот;

РГ – регулятор гучності;

ВЧ - висока частота;

ГМ - гучномовець;

ДС – джерело світла;

ННЧ - наднизька частота;

РТ – регулятор тембру;

ТЗ – технічне завдання;

КТЗ – концертно-театральна зала;

МП – мікшерний пульт.

ВСТУП

Розвиток технологій, зростання кількості та добробуту населення дає можливість зробити театральні та концертні заходи більш яскравими та незабутніми, але через обмеженість простору та велику ціну на побудову сучасного театрального будинку, треба знайти спосіб налаштувати одне приміщення для декількох цілей, наприклад зробити концертно-театральну залу де можна налаштовувати акустичні параметри відповідно до цілі

Теоретична частина проекту описує концепцію театрів та концертних залів, розглянуто обладнання необхідне для його функціонування, та розглянуто концепції концертно-театральних виступів. У роботі наведені акустичні параметри необхідні для проектування камерних залів.

Крім теоретичного огляду у проекті спроектовано зал зі змінними акустичними параметрами для концертно-театральних та театральних вистав.

Актуальність роботи обумовлена економією матеріалів для будівництва однієї зали замість багатьох, при цьому не втрачаючи якість акустичних умов.

Мета роботи – проектування зали зі змінними акустичними параметрами для проведення в ній театральних та концертно театральних вистав.

Метод дослідження – розробка проводиться на основі теоретичного дослідження будівництва театральних та концертно-театральних залів загалом та на основі дослідження впливу акустичних параметрів на сприйняття звуку в залах з живою музикою та прямою передачею звукового сигналу.

Новизна роботи полягає у зміні акустичного типу залу по бажанню власника, та проведення різних (за акустичними параметрами) вистав.

1 КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ КОНЦЕРТНО-ТЕАТРАЛЬНИХ ЗАЛІВ

1.1 Визначення та загальна характеристика концертно-театральних й театральних заходів.

Концертно-театральний виступ – це живий музичний виступ перед глядачами. Виступ може виконуватись одним музикантом, який іноді називають сольним концертом, або музичним ансамблем, таким як оркестр, хор чи оркестр. Концерти проводяться в різноманітних приміщеннях: від приватних будинків і невеликих нічних клубів, спеціалізованих концертно-театральних залів, амфітеатрів і парків до великих багатофункціональних будівель, таких як арени та стадіони. Концерти в приміщенні, що проводяться на найбільших майданчиках, іноді називають концертами на арені або концертами в амфітеатрі.

Незалежно від місця, музиканти зазвичай виступають на сцені. До запису музики концерти давали основну можливість почути гру музикантів. Для великих концертів чи концертних турів важку логістику організації музикантів, місця, устаткування й аудиторії (продаж квитків) займаються професійними координаторами турів. Характер театрально-концерту залежить від музичного стилю, окремих виконавців та місця виконання. Театрально-концерти невеликий джазовий комбо або невеликий групи блюграс можуть мати ідентичний порядок програми, настрої та гучності, але відрізнятися за музикою та одягом.

Сольний концерт – це концерт соліста або невеликої групи, який слідує за програмою. Він може виділити окремого виконавця, іноді в супроводі фортепіано, або виконання творів окремого композитора, або окремого інструмента.

Деякі виконавці або групи влаштовують дуже складні та дорогі шоу. Щоб створити незабутню та захоплюючу атмосферу та збільшити видовище, виконавці часто включають додаткові розважальні пристрої. Це може включати продумане сценічне освітлення, електронні зображення через систему та/або поперед-

ньо записане відео, надувні декорації, ілюстрації чи інші декорації, різні спеціальні ефекти, такі як театральний дим і туман і піротехніка, а також незвичайні костюми або гардероб. Деякі співаки, особливо популярна музика, доповнюють театрально-концертне звучання попередньо записаним акомпанементом, дублюючими танцюристами і навіть транслюють вокальні треки власного голосу співака. Діяльність під час цих театрально-концертів може включати танці та підспівування.

Концерти, в яких бере участь більша кількість артистів, особливо ті, які тривають кілька днів, відомі як фестивалі. На відміну від інших концертів, які зазвичай залишаються в одному жанрі музики чи творчості певного виконавця, фестивалі часто охоплюють широкий спектр музики та мистецтва. Через свої розміри фестивалі проводяться майже виключно на відкритому повітрі.

Театрально-концертний тур – це серія театрально-концертів артиста або групи артистів у різних містах, країнах чи місцях. Часто театрально-концертні тури називаються, щоб розрізняти різні тури одного виконавця та пов’язати конкретне турне з певним альбомом або продуктом. Особливо в світі популярної музики такі тури можуть стати масштабними компаніями, які тривають кілька місяців або навіть років, їх переглядають сотні тисяч або мільйони людей, і приносять мільйони доларів (або еквівалент) доходів від квитків.

Театрально-концертна резиденція або музична резиденція — це серія театрально-концертів живої музики, подібних до театрально-концертного туру, але виконуваних лише в одному місці [1].

Камерний театр – є формою презентації та драматургії з малим обладанням, засобами вираження

1.2 Класифікація концертно-театральних й театральних заходів та відповідних залів

Театрально-концертний зал — це культурна будівля зі сценою, яка служить місцем для виступів, і аудиторією, заповненою сидіннями.

Музичні заклади можна класифікувати за кількома способами. Як правило, багато інших характеристик вирішує жанр музики, яка грає на місці.

Музичні майданчики можна розділити на категорії за розміром та місткістю. Найменші місця, кав'ярні та крихітні нічні клуби мають місце для десятків глядачів; найбільші майданчики, такі як стадіони, можуть вмістити десятки тисяч глядачів. Музичні майданчики відкриті або закриті. Приклади відкритих майданчиків включають естради та естради; такі відкриті майданчики забезпечують мінімальний притулок для музикантів, які виступають, і зазвичай розташовані в парках. Тимчасовий музичний фестиваль, як правило, є відкритим майданчиком. Приклади критих закладів включають громадські будинки, нічні клуби, кав’ярні та стадіони.

Залежно від події чи часу доби на місцях можна відтворювати живу музику, записану музику або комбінацію обох. Дискотеки в основному призначені для попередньо записаної музики, яку грає диск-жокей. На майданчиках з живою музикою є одна або кілька сцен для виконавців.

Місце проведення може бути без квитків, випадковий вхід доступний біля дверей за додаткову плату або лише попередні квитки. Дрес-код може застосовуватися або не застосовуватися.

У деяких місцях основна увага приділяється перегляду шоу, наприклад, в оперних театрах або класичних концертно-театральних залах. У деяких місцях, які також включають їжу та напої, виконавці можуть грати фонову музику, щоб додати атмосфери.

Якщо кажучі про типи архітектури театру то можна сказати що вони абсолютно разноманітні і їх форма відрізнається від цілей, кількості глядачів та жанру, але все ж таки існують основні типи архтектур ці своїми цілями, далі коротко про них.

Амфітеатри мають круглу або овальну форму, зазвичай без даху. Постійні місця в амфітеатрах, як правило, багаторівневі.

Bandshell — це велика виконавська конструкція на відкритому повітрі, яка зазвичай використовується театрально-концертними групами та оркестрами. Дах і задня частина корпусу захищають музикантів від стихії і відбивають звук через відкриту сторону і назовні в сторону публіки. Естрада — це невелика вулична споруда.

Концертна зала передбачає виступи музичних колективів різного спрямування і обов‘язково з музичними інструментами з відтворенням музичного звукового контенту (музики).

Театральна зала – передбачає відтворення мовних програм – спектаклів, творчих виступів одного актора, зустрічей з провідними людьми суспільства тощо.

При цьому можливим музичний супровід, але це як фон і не є основним.

Джаз-клуби є прикладом закладу, присвяченого певному жанру музики. Джаз-клуб – це місце, де основною розвагою є виконання живої джазової музики, хоча деякі джаз-клуби в основному зосереджені на вивченні та/або просуванні джазової музики. Джаз-клуби, як правило, є різновидом нічного клубу або бару, який має ліцензію на продаж алкогольних напоїв.

В Японії невеликі клуби з живою музикою відомі як лайв-хауси, особливо з роком, джазом, блюзом і народною музикою, і існують з 1970-х років, а зараз їх можна знайти по всій країні. Термін є японською монетою (wasei eigo) і в основному використовується в Східній Азії. Найстарішим живим будинком є Coffee House Jittoku у Кіото, заснований у 1973 році на старому складі саке. Незабаром після цього ідея поширилася по Японії. В останні роки подібні заклади почали

з'являтися у великих містах Південної Кореї та Китаю; багато з них також називаються «живими будинками».

Оперний театр — це театральне приміщення, побудоване спеціально для опери. Він складається зі сцени, оркестрової ями, місць для глядачів і закулісних приміщень для костюмів і декорацій. Хоча деякі майданчики побудовані спеціально для опер, інші оперні театри є частиною більших центрів виконавського мистецтва. Справді, сам термін оперний театр часто використовується як термін престижу для будь-якого великого центру сценічного мистецтва.

Хоча сцена, освітлення та інші виробничі аспекти оперних театрів часто використовують новітні технології, традиційні оперні театри не використовують системи звукопідсилення з мікрофонами та гучномовцями для підсилення співаків, оскільки підготовлені оперні співаки зазвичай можуть проектувати свій непосилений голос у зала. Однак з 1990-х років деякі оперні театри почали використовувати тонку форму підсилення звуку, яка називається акустичним посиленням.

Паб — це заклад, який має ліцензію на продаж алкогольних напоїв, які традиційно включають пиво (наприклад, ель) та сидр. Це громадський заклад для пиття, який є помітною частиною британської, ірландської, бретонської, новозеландської, канадської, південноафриканської та австралійської культур. У багатьох місцях, особливо в селах, центром громади є паб. У своєму щоденнику 17-го століття Семюел Пепіс описав паб як «серце Англії». Паби можуть бути місцями для пабових пісень та живої музики.

Стадіон — це місце або місце для (переважно) спортивних змагань на відкритому повітрі, театрально-концертів чи інших заходів і складається з поля або сцени, частково або повністю оточеної багатоярусною структурою, призначеною для того, щоб глядачі могли стояти або сидіти і дивитися на подію. Хоча театрально-концерти, такі як класична музика, були представлені в них протягом десятиліть, починаючи з 1960-х років стадіони почали використовуватися як живі майданчики для популярної музики, що породило термін «стадіонний рок», особливо для форм хард-року та прогресивної музики.

1.3 Вимоги до акустичних параметрів концертно-театральних залів

Кожен жанр вимагає своїх акустичних характеристик в концертно-театральній залі. Оптимальні акустичні характеристики істотно відрізняются від виконавця до слухача. Тільки кращі Концертно-театральні зали світу забезпечують акустичні параметри, оптимальні як для слухачів так і для виконавців. Не можливо знайти однаково підходящих рішень архітектури для всіх жанрів і видів музики.

Саме тому створення концертно-театральних залів поки ще залишається «мистецтвом на науковій основі».

Зараз будуть розглянуті вимоги до акустих параметрів «класичних» концертно-театральних залів

Гарна якість звучання музики в театрально-концертному залі вимагає забезпечення всіх суб'єктивних критеріїв:

- життєвості
- низького рівня шумів
- тембру
- інтимності
- гучності
- просторовості
- балансу
- відсутність луни
- повноти
- т. д.

Також і характеристики реверберaційного процесу, основні з яких наступні:

- відношення енергії ранніх відбиття до енергії пізніх відображень
- час реверберації
- рівень бічних відбиттів
- час і напрям приходу перших відбиттів
- та ін.

Всі ці параметри визначають вимоги до форми і розмірів концертно-театральних залів, а також до їх систем звукопоглинання, звуковідбиття і звукоізоляції. У концертно-театральних залах також можна виділити дві різні частини:

- площа для глядачів, яка може бути розділена ще на дві частини
  - далеку глядацьку частину
  - близько естрадну
- площа для оркестру (естраду)

Оптимальний час реверберації, залежить від жанру музики, тобто для органну - 3-5 с , для камерної 1,3-1,6 с і для симфонічної 2-2,2 с. Для забезпечення глибини звучання, час реверберації повинен збільшуватися на низьких частотах приблизно на 20%.

Це вимагає різних архітектурних параметрів концертно-театральних залів: обсяг для єдиного слухача складає 10-12 м^3 для органного виконання, для симфонічного буде 8-10 м^3 та 6-7 м^3 для камерного. Всі ці параметри обмежують загальну місткість залів з натуральною акустикою 1500-2000 осіб (хоча в сучасних залах об’єм складає 2200 -2500 осіб). Обсяги, що відповідають даній місткості 12000-20000 м^3.

Аналіз параметрів задля проектуваня кращих залів, пов'язує час реверберації, висоту й обсяг залу: $(V / T\ 500)\ m / h_{max}$- 2 S.

Окрім оптимального часу реверберації в концертно-театральних залах важливо забезпечити і інші параметри, які також визначаються співвідношенням розмірів і форми залу для глядачів. У старих концертно-театральних залах ширина й висота становили 18 м і 15 м, це гарантувало прихід перших фронтальних відображень з інтервалом приблизно 20-30 мс. При зменшенні цих параметрів сприйняття музики через слух погіршується.

Якщо для мовних будівель розмір залу визначається його об’ємністю глядацьких місць, але може бути зменшений без шкоди сприйняття мови, то в концертно-театральних залах розмір визначається правилами якості звучання музики й не може бути зменшений нижче деякого ступеня [2].

Статистичні дані, зібрані в ході аналізу та експериментів забражують, що максимальна відстань слухачів від сцени в партері не перевищує 40 м, на балконі 45 м, а ширина залу у портері рекомендується не перевищувати далі ніж 25 м, а на відстані 1/3 довжини залу - не більше 30 м.

Висота залу сцени при портері повинна не перевищувати 9 м. Таким чином, на сам перед зважається увага на пропорціональність розмірів зали зважаючи в увагу його положення портера. Ці відношення повинні дотримуватись при проектуванні, щоб на місцях слухачів була сформована оптимальна структура ранніх відбиттів [2].

Наприклад, в найкращих залах по акустичним властивостям, час запізнювання першого відбиття знаходиться в межах 21-28 мс.

Наявність естради замість сцени в значній мірі обумовлює архітектуру концертно-театрального залу, що відрізняється від архітектури театральних залів.

У сучасних залах можна помітити два типових напрямки при вирішенні їх інтер'єру: єдину форму залу з плавним переходом естради в зал для глядачів і композицію з двох різних форм для залу і сцени.

- час реверберації - процес загасання звукової хвилі, повинен бути чітко прослуховуємий для підтримки музиканта;
- підтримка - цей параметр який відповідає за прослуховування музикантом самого себе на НЧ;
- тембр оцінює вплив будівлі на звучання інструментів й сприйняття музикантами тональної залежності інструментів;
- динаміка характеризує динамічний діапазон в даній будівлі й визначає ступінь впливу на динаміку виконання;
- затримка сигналів в часі – затримки в часі акустичних відбиттів, які порушують ритм й впливають на тембр, залежать від відстані музикантів один від одного.

Вимірювання кажуть, що в гарних залах рівень рівень ранніх відбиттів на сцені значно вище порогів чутності. Результати досліджень доказують, що максимальна затримка повинна бути в межах до 20 мс.

Глибина й ширина сцени залежать від численності музикантів, на кожного має бути виділено приблизно 2 м^2 [2].

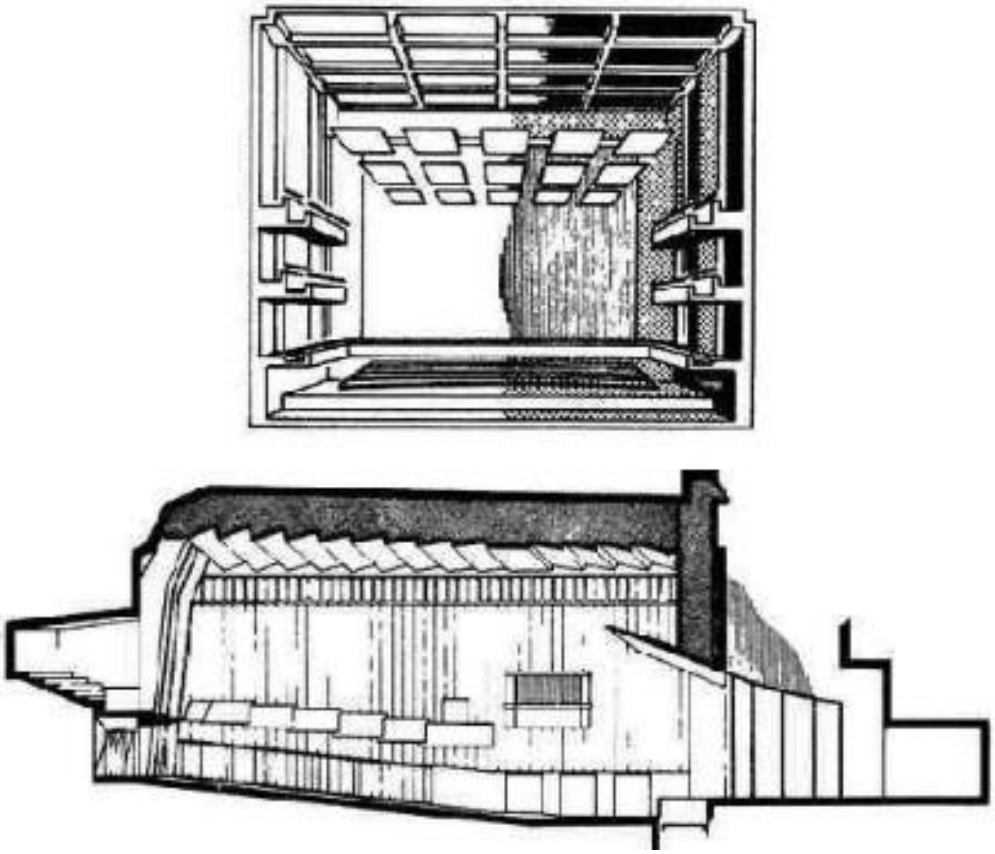


Рисунок 1.1 – Навісні панелі перед сценою [3]

При високій стелі, для забезпечення перших відбиттів виконавців і глядачів потрібно обмежити площу сцени, тобто ширина буде не більше 15 м, висота ж буде не більше 10 м [2].

З низькими стелями та широкими стінами починаются проблеми із забезпеченням необхідного часу реверберації в залі для слухачів; також, бокові відбиття приходять на сцену занадто пізно і через це спотворюється відчуття ансамблю. В сучасних концертно-театральних залах часто використовуються навісні панелі, як зображено на рисунку 1.1, над площею оркестру і передньою частиною глядачів. Форма, розмір і ступінь нахилу яких підбираються виходячи з вимог забезпечення першими відбитками оркестру і глядачів [3].

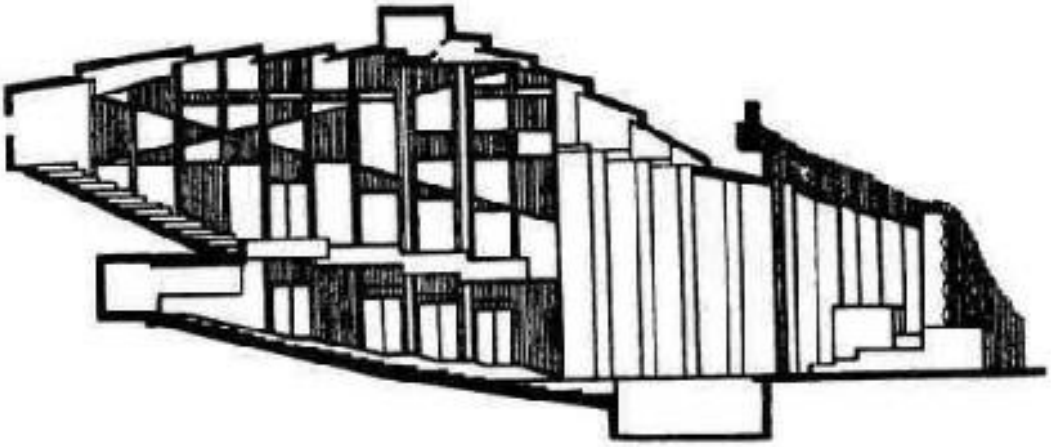


Рисунок 1.2 – Театрально-концертний зал в Зальбурзі з акустичною раковиною [3]

Крім того, в сучасних великих залах багатоцільового призначення, де оркестр розміщується на великій сцені, використовують акустичні раковини (рис. 1.2), які складаються з систем звуковідбивних поверхонь. Такі раковини можна легко зробити у вигляді трансформ системи з окремих елементів великого розміру, якими можна закривати різні обсяги естради при виступі музикантів або акторів. Втрати, особливо в області НЧ, стають відчутними, якщо будь-який розмір такого елемента менше 5-6 м. Прикладами різних форм залу є [3]:

Висока прямокутна форма (Shoebox) - найстаріша форма, яка використовується в музичних залах та палацах усього світу (рис 1.3, а).

- є також зали з майже квадратною площею (рис 1.3, б);
- віялоподібна форма з розсувними стінами й не не однаковими стелями (Fan), активно використовувалась в період 1920-1960-х років, наразі визнана незадовільною через незадовільні бічні відбиття (рис 1.3, в);
- форма з паралельними стінами, високими стелями, криволінійної задньою стіною (Horseshoe) (рис 1.3, г);

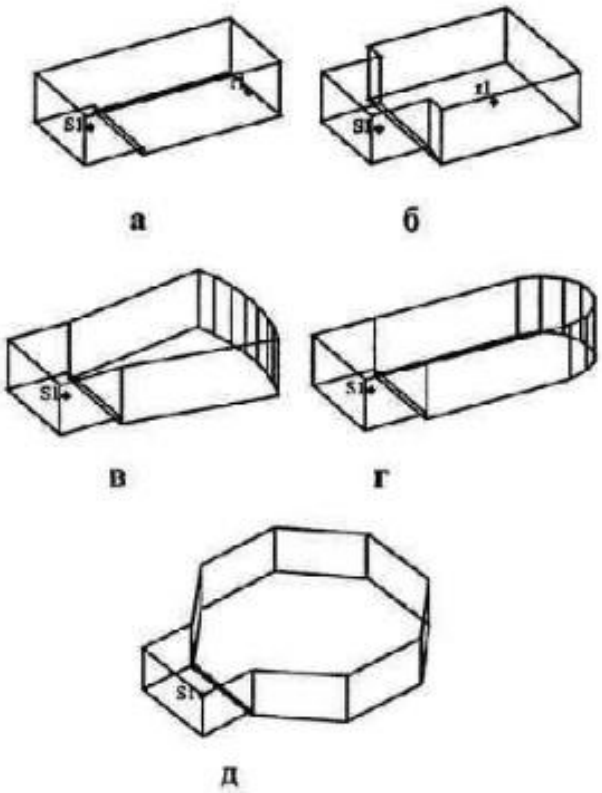


Рисунок 1.3 – Форми концертно-театральних залів [3]

- Спеціальна геометрична форма (geometric) (рис 1.3, д). Такий зал має велике різномаїття налаштування акустичних параметрів, але важкий для проектування.

Зали з малою шириною можуть мати просту форму паралелепіпеда; через невелику кількість відображень, що приходять до глядачів, швидко стає більшим з часом і в завершальній частині реверберaційного процесу стає настільки великим, що утворює достатню дифузність поля [4].

У залах нового зразку, з великими обсягами, розсіювання звуку досягається будівництвом стін і стелі з різними кутами або розташуванням на цих поверхнях спец елементів архітектури, що сприяють часу реверберації (наприклад дифузори Шредера). Обов'язковим вимогам до акустики концертно-театральних залів є низький рівень зовнішніх і внутрішніх шумів. Вимоги для концертно-театральних залів край вимогливі, через що приходиться застосовувати спеціальні технології для покращення звукоізоляції в залах [4].

1.4 Звукотехнічне обладнання концертно-театральних залів

Технічними елементами, потрібними для проведення інформаційно-розважальних заходів, є сцена, глядацька зала, освітлювальне обладнання, аудіообладнання, відео та медіа-обладнання, обладнання для створення спецефектів, меблі та кондиціонери [4].

Як зазначалося вище, зали, де встановлена акустична система, функціонально відрізняються:

- дискотеки фокусуються на танцполі, а для відтворення динаміки та частотного діапазону музичної програми потрібно створити рівномірне звукове поле над головою відвідувачів [4];
- у ресторанах та нічних клубах акустична система повинна бути багатофункціональною [4];

Вибір системи підсилення це на сам перед вибір типу виступу і ціль, якщо вам потрібно провести презентацію для роботи при великій кількісті людей для чистого звуку буде достатньо близько 85 дБ незалежно від положення учасника в залі.

Для музикі стилю рок потрібна потужна система підсилення звуку для високих рівнів сигналу, близьких до больового порогу, близько 130 дБ, але рекомендована гучність не більше 95 дБ.

Для класичної музики, яка як відомо дуже виборча до чистоти звучання, система повинна тримати високі частоти и бути терпкими до змін частот витримуючи пікове навантаження в 120 дБ.

Ресторанна музика. Люди приїжджають у ці заклади не для прослуховування музики, а й для спілкування між собою. Найкращий рівень гучності становить близько 95 дБ [4].

Танцювальна музика, згідно з вимогами системи звукопідсилення близька до рок-музики. Вона може збульшуватись до 118 дБ, але рекомендованний рівень гучності близько 95 дБ [4].

Розглянемо звуковий комплекс. Звуковий комплекс, це - звукова система, призначена для забезпечення гідних акустичних умов під час інформаційно-розважальних вистав. Ці акустичні системи включають в себе обладнання для запису та обробки звуку, посилення, змішування та відтворення звуку, також комутатори та решта зв'язуючих ліній необхідні для наступних функцій [4]:

- Отримування звукових хвиль від джерела звуку.
- Надсилання електричного сигналу звукового приймача на вхід змішувача [4].
- При використанні мікшера відновлювання всіх сигналів джерела звуку до єдиного збалансованого звуку [4].
- Налаштований сигнал відтворювання на змішувачі підсилюється підсилювачем потужності та розподіляється на звукову систему відтворення в зали [4].
- Перехід посиленого вихідного сигналу змішувача у потужню звукову хвилю через акустичну систему відтворення [4].
- Створювання вторинного звукового поля в залі через випромінювач звукової системи [4].

1.5 Зміни технологій в концертно-театральних заходах

За допомогою нових технологій театр може впливати на три основні органи чуття: зір, слух і нюх.

Візуальні елементи вистави чи мюзиклу завжди були важливими, а використання масок, декорацій та реквізиту має давню історію на сцені. Від використання кранів ранніми греками, щоб персонажі «вилітали» на сцену, до складних сучасних систем такелажу, які забезпечують вишуканий і безпечний ефект, приголомшити аудиторію візуальним ефектом завжди було метою.

Нова технологія дозволяє театральним постановкам включати відео та інші мультимедійні засоби у свою виставу. Незалежно від того, чи це відео фони, які

доповнюють набір зображеннями туману, хмари чи дощу, або відео, щоб допомогти персональному шоу, показуючи відповідні кліпи, відеотехнології додають додатковий вимір і дають сценографам більше можливостей під час створення постановок.

Освітлення – ще одна сфера, де технології вплинули на театральний досвід. Більшу частину історії театру театри будували без даху або покладалися на потенційно небезпечний вогонь для освітлення сцени.

Сучасне освітлення часто керується за допомогою цифрової світлової панелі, яка може керувати сотнями світильників, які входять у виробництво. Зростаючі можливості світлодіодних світильників та електричних систем значно полегшують сучасному театру використання спеціалізованих систем освітлення. Замість простого освітлення сцени, сучасна технологія може змінити інтенсивність, малюнок і колір вогнів натисканням кнопки або поворотом циферблата.

Існує кілька способів впливу технологій на слуховий досвід глядачів. Наприклад, замість того, щоб створювати звукові ефекти або музику вручну, виробничі групи можуть просто завантажити ці ефекти або музику з Інтернету. Крім того, пакети звукового дизайну дозволяють режисерам легко накладати звуки на пласти, надаючи виконанню більш природного звучання фонових шумів, музики та ефектів.

Технологія мікрофонів є однією з найбільших розробок для сцени. Замість того, щоб проектувати свої голоси, актори говорять у мікрофони, які виходять із колонок, розміщених у стратегічних місцях у театрі. І замість того, щоб використовувати ручні мікрофони або ті, що розміщені на землі, виконавці можуть носити крихітні мікрофони як гарнітури тілесного кольору або навіть заховати їх у волосся, щоб забезпечити високоякісний звук, не відволікаючи видимого мікрофона.

«Ароматургія» або цілеспрямоване використання запаху як компонента театрального оформлення неодноразово використовувалося останнім часом. Завдяки розробці систем ароматизації сухого пару, постановки тепер можуть наповнити театр будь-яким запахом, який вони вибирають. По суті, ці парові системи

є типом дифузора, який виділяє запахи за командою. Ці пристрої можна встановити по всьому театру, щоб аромат досягав усіх у відповідний час. Ця технологія дає театральним постановкам ще один спосіб заглибити глядачів у виставу.

Освітлення пройшло довгий шлях від будівництва театрів під відкритим небом, щоб природне світло потрапляло на сцену. Тепер електричне освітлення дозволяє проводити театральні постановки в будь-який час доби, а дизайн освітлення додає нової глибини виставам. І світлодіодне, і цифрове освітлення змінили освітлення театру [5].

Розробка світлодіодів із сімома різними кольорами надала дизайнерам ширший діапазон кольорів для роботи та допомогла їм знайти кольори, які добре виглядають на акторах. Ця гама кольорів виявилася важливою для успіху LED в театрі. Дизайнери освітлення були вражені можливістю миттєво змінювати кольори за допомогою процесів цифрового освітлення, не покладаючись на механічні засоби минулого [5].

Цифрове освітлення відноситься до типу освітлення, яке підключається через цифрову мережу з метою виконання різноманітних завдань. Оскільки світлодіодні лампи працюють від друкованої плати, яка передає електрику, вони можуть підключатися до цифрових мереж — на відміну від традиційних райдужних ламп, які не можуть. У контексті сцени цифрове освітлення складається з цифрово-підключених світлодіодних вогнів, якими керує інженер з освітлення, щоб покращити освітлення сцени. Замість того, щоб керувати освітленням вручну, оператори освітлення тепер можуть направляти освітлення по мережі через станцію керування.

Звук був добре задокументований у стародавніх театральних постановках, але лише в 20 столітті були досягнуті серйозні досягнення, які використовуються й сьогодні. Дві сфери, де технологія звукового дизайну досягла значних успіхів і революціонізувала театр, — це акустичні системи та мікрофони [5].

Мініатюрні бездротові мікрофони були розроблені в 1980-х роках і швидко допомогли в якості звуку різноманітних виступів. Ці мікрофони працювали, ви-

користовуючи FM-радіопередавач, розміщений десь на акторі, щоб надіслати сигнал на мікшерний пульт. Сучасні бездротові мікрофони забезпечують виняткову якість звуку, причому мікрофон або встановлений на гарнітурі з мундштуком тілесного кольору, або вставлений у волосся актора [5].

Значний вплив на театр справила розвиток підсилювачів, корпусів динаміків і гучномовців. Актори могли використовувати мікрофони, щоб проектувати свої голоси через динаміки, що також дозволяло театральним постановкам відтворювати музику та звукові ефекти разом із тим, що відбувалося на сцені [5].

Розвиток акустичних систем надав театральним постановкам можливість відтворювати музику та ефекти з одного центрального місця. Портативні гучномовці дозволяють сучасним постановкам передавати звук з постійною гучністю в усьому залі. Акустичні системи надають сучасним сценам більше реалізму та можуть створити ще більш захоплюючі театральні враження [5].

Сучасні акустичні системи дають театрам можливість, щоб одна людина керував усім звуком постановки та відточував кожен елемент до досконалості. За допомогою мікшерного пульта звукооператор може керувати рівнем мікрофона актора та відтворювати звукові ефекти у відповідний час, а також керувати будь-якою музикою, яку використовує постановка [5].

Замість того, щоб вручну розмальовувати фони або створювати набори вручну, декоратори можуть використовувати 3D-друк, щоб полегшити своє робоче навантаження. Сценографи тепер використовують програмне забезпечення 3D для розробки своїх декорацій, перш ніж відправити їх на друк для пластикових прототипів. 3D-технологія заощаджує дизайнерам значну кількість часу та зусиль на виробництво декорацій та реквізитів, дозволяючи їм грати з різними дизайнами та швидко вносити зміни [5].

Висновок до розділу 1

В даному розділу розглянуто літературні джерела загальні поняття театральних вистав та концертних заходів та дані по необхідному звуковому рівню для різніх жанрів музики (рок, класика, поп, блюз,…) і для різноманітних місць проведення та звучання музики (театри, ресторани, концертні зали,…).

Дослідженно вплив технологій на вистави музичного та співочого характеру та їх розвиток і їх сучасні аналоги, також дослудженно архітектурні типи театральних залів, їх параметри, акустичні властивості, тощо. Знайденно залежність якісного звучання музики й деяких параметрів, та знайденно приблизні оптимальні часи реверберації для різніх типів вистав, але потрібен подальший розрахунок для більш точних показників.

2 РОЗРОБКА ТА ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КАМЕРНОЇ КОНЦЕРТНО-ТЕАРТРАЛЬНОЇ ЗАЛИ ЗІ ЗМІННИМИ ПАРАМЕТРАМИ

2.1 Аналіз структурної схеми обладнання концертно-театрального залу

Почнемо з загального вигляду всієї схеми звукового комлексу (рис. 2.1), найважливішої частини кожного виступу и сцени. Докладно про елементи далі.

Рисунок 2.1 - Загальна структурна схема звукового комплексу [6]

На старті схеми керуючий елемент, який отримує всі сигнали від джерел звуку та зводить їх на один або декілька виводів, тобто МП (Мікшерний пульт). Є 2 типи МП: пасивний та активний, також вони поділяються по кількості вхідних та вихідних каналів. На вході повинно бути обладнання обробки, фільтрації та

підсилення звуку. На виході встановлюється регулятор рівня сигналу та змішування.

Далі мультикор – проміжний етап між сценою та пультами, частіш всього це ізольовані мікрофонні кабелі. Також в основному сигнал мікрофона і інтерфейс XLR передаються через цей пристрій. При декільках жилок в кабелі можна уникнути великої кількості проводів. Мультикор ділиться за кількістю вхідних і вихідних роз'ємів та довжиною проводу.

Наступні елементи в цій ланці схеми обладнання це джерела звуку, які розміщуються на сцені та в залі, маючи вихідний сигнал або мікрофон. Всі джерела підключені до мультикора та мікшерного пульта.

Графічний еквалайзер, тобто багатосмуговий коректор частотної характеристики. Діапазон праці еквалайзеру залежить від діапазону чутливості слуху людини. Чім більше груп, тим краще можна налаштувати звучання комплексу.

Далі йде один із найважливіших елементів схеми, кросовер (дільник частоти), він ділить частоту на кілька діапазонів частот. Присутня змінна кількість смуг. Найпоширеніший тип – трисмуговий, коли низькі частоти на 20-200 Гц, середні дорівнюють 200-1000 Гц, а високі 1-6 кГц та 6-20 кГц. Кросовер може використовуватися як самостійний пристрій або як частина процесора.

Підсилювач потужності – як каже сама назва, підсилює потужність звукового сигналу, а саме підсилює сигнали звукового діапазону чутного для людини (20 Гц – 20 кГц) до рівня необхідного для роботи гучномовців або акустичних систем.

Акустична система (АС) – існує для відтворення звуку, є НЧ, СЧ та ВЧ види(Залежить від частоти відтворення), також ділиться на активні и пасивні системи. Елемент лінійного масиву, котрий може бути послідовно об'єднаний у більший масив.

Кінцевий елемент контролю, моніторінг. Система призначена для управління певними частинами звукового поля. Через спеціальний сигнал виходу пульта дистанційного керування подаємо сигнал на лінію контролю монітора. Виробники акустичних систем виготовляють системи моніторів 2 типів: нахилені

або вертикальні. Можна об’єднати в єдину ланку. Розташовують перед сценою, на підлозі поруч з музикантами.

АС на масових заходах діляться на децентралізовані та централізовані. В другому випадку типі колонки розміщуються в частині залу, наприклад, на сцені.

Також є велика кількість додаткових елементів для цієї схеми, такі як максимайзер, лімітер, компресор, ревербератор і т.д., але були розглянуті основні частини звукового комплексу без яких майже неможливо зробити гарну систему звучання.

Розглянемо приклад коли ви хочете видавати звук у невеликій кімнаті 10м х 10м х 3м, тоді кращим вибором буде система з двома смугами прямого випромінювання з динаміками 12 дюймів,з кутом випромінювання 85° вертикально та 25° горизонтально. Потужність системи обов’язана забезпечувати середній рівень звукового тиску приблизно 106 децибел, але при 116 дБ інструментал і вокал повинен бути розбірливий та не спотворений. Для збільшення кута розсіювання та звукового тиску використовувається потужніші 3 смугові динаміки з 15 дюймовим сабвуфером та підсилювачем потужності. Це забезпечує піковий звуковий сигнал із середнім рівнем звукового тиску 116 дБ, а на максимумі рівень тиску 126 дБ [6].

Тепер візьмемо звичайне приміщення 13м х 15м х 4,5м. Краще в такому випадку використовувати широкосмугові колонки з горизонтальним та вертикальним кутами випромінювання відповідно 85° та 130°, як і минулого разу. Вихід систем підсилення звуку повинен забезпечувати середній звуковий тиск піковий рівень звукового тиску аналогічні до минулого разу тобто 106 дБ та 116 дБ відповідно. Ці прикладу вказують на те що кут нахилу частини динаміка при ВЧ можна регулювати відповідно до форми приміщення. Але в великому приміщенні, наприклад 15м х 30м х 6м ми використовуємо двопідсилювальну звукову систему. Для досягнення необхідного перекриття акустичного поля при всіх місцях прослуховування, та звуку, потрібного для музики та мови тиск і якість звуку [6].

2.2 Опис особливостей, функціональних можливостей та технічних параметрів системи звукопідсилення концертно-театрального або театрального заходу

Підсилення звуку створюється та управляється за допомогою, згаданому в минулому пункті, обладнанню. Також є 2 види АС, фіксовані та мобільні. Тип визначає, як видно з назв, чи буде система пересувна та модульна (мобільна) чи більш розгорнутим та функціональним, але менш переносним (фіксований).

Подивимось на типову конфігурацію системи звуко-підсилення (рис. 2.1).

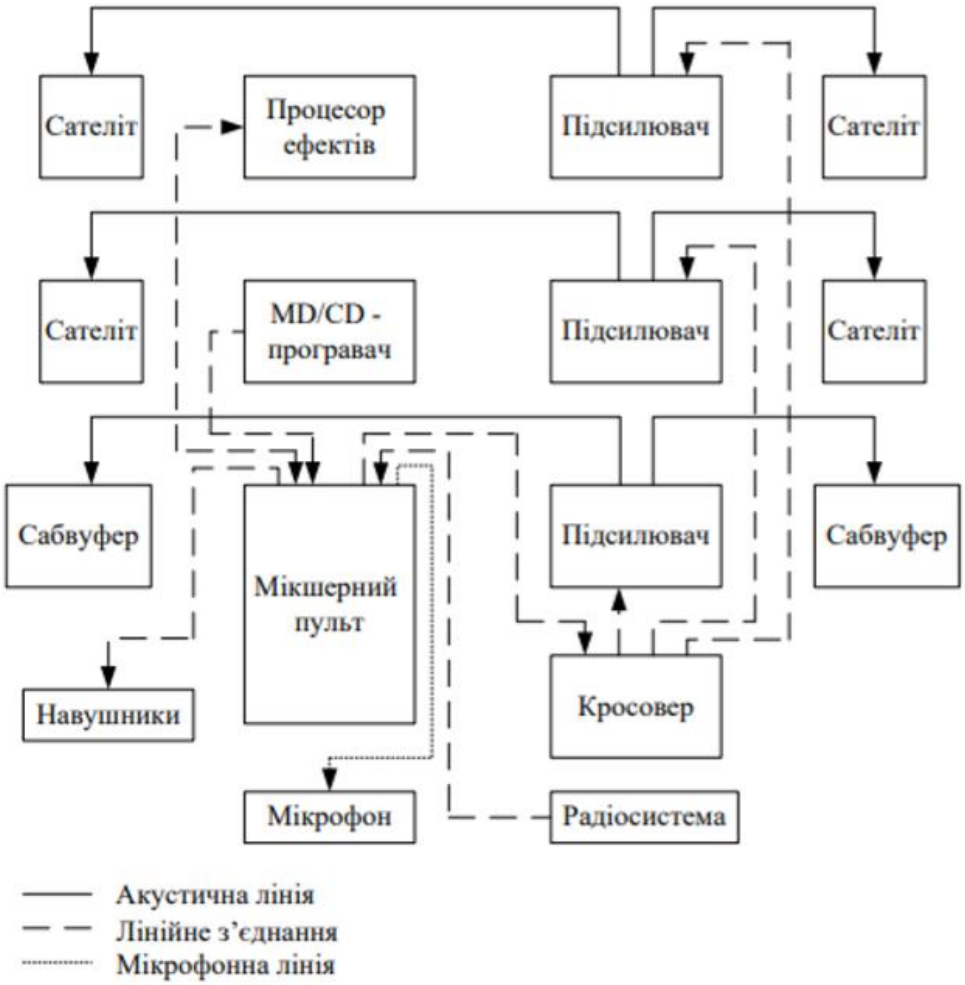


Рисунок 2.2 - Схема стандартної конфігурації систем підсилювання звуку для масштабних заходів [7]

Ці системи частіш всього включають динаміки (сабвуфери та сателіти), програвачі MD / CD, мікшери, процесори ефектів, підсилювачі та мікрофони, радіосистеми та навушники, кросовери. В поєднані з сабвуферами, сателіти є компонентами АС що відтворюють смуги середніх та високих частот – це зазвичай невеликий динамік до 20 см.

На рисунку 2.2 вказаний комплект обладнання для театру 200-500 м^2 для проведення музичних та вокальних концертно-театральних виступів. Ця система гарантує безперебійну роботу майже 24 години на добу.

Приведемо приклад системи для розважальних закладів, ресторанів та клубів вказаний на рисунку 2.3.

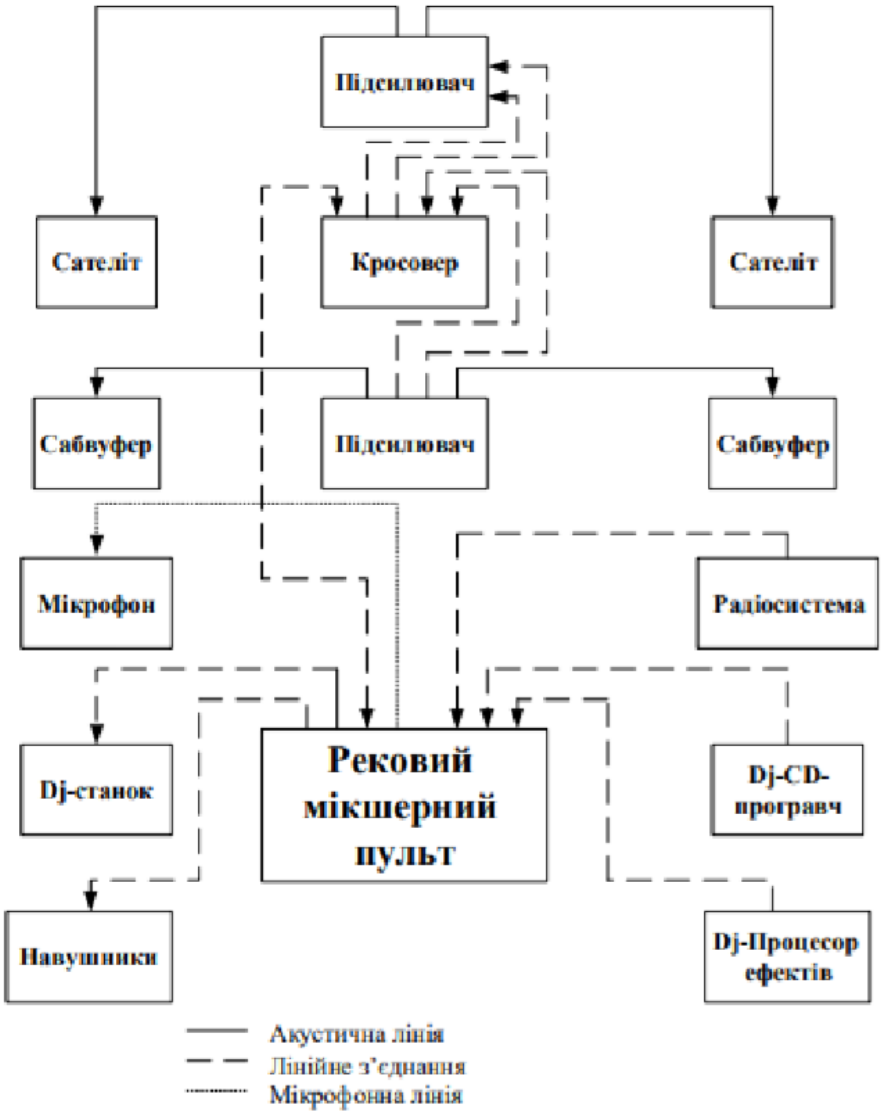


Рисунок 2.3 - Схема оптимальної конфігурації системи для підсилення звуку при розважальних закладах [7]

Ця конфігурація чудово підходить до залів 50-100 м^2 та загальною потужністю 1200 Вт. Основний елемент – це стійка змішувальної панелі. Наступним йдуть динамічний мікрофон та радіосистеми. Центр управління у діджею включає в себе професійні DJ-машини, програвачі компакт-дисків та процесори спеціальних ефектів [7].

Також звернемо увагу на засоби підсилення на цих заходах. Є необхідність максимально лінійно наповнити приміщення чистим звуком, для цього існують лінійні масиви [7].

За приклад візьмемо акустичну систему KF750 фірми EAW , діаграма спрямованості акустичної системи складатиме 35 х 35°, індекс спрямованості 0 для цього сектора складе 33. Він залежить від частоти яка показана в таблиці для ряду частот. Для окремого звукопідсилювача витік акустичної потужності за межі робочого сектора 35х35° відрізняться на 1,5% на частотах вище 3 кГц, 33% на частоті 1000 Гц, 66% при частоті 400 Гц та 90% на 200 Гц. Індекс спрямованості для випромінювача, що не має спрямованості, рівний одиниці. При зменшенні реального індексу спрямованості видно, що відбувається витік звукової енергії за межі робочого сектора. У таблиці 2.1 показано, який резерв потужності може бути сфокусований в подібному напрямі при побудові кластера [7].

Таблиця 2.1

Частота, Гц						
Конфігурація системи	125	250	500	1000	2000	4000
Виміряний індекс спрямованості акустичної системи KF750	2,4	3,2	11,2	18,1	23,7	38,5
Витік потужності за межі сектора 35х35°, %	93	90	65	45	28	1,5

Як вказано в таблиці 2.1, на частотах нижче 500 Гц є величезний запас акустичної енергії, який при побудові кластера сумується для випромінювання суміжних кабінетів й робить надлишок тиску 6 ..10 дБ в порівнянні з ВЧ. На цьому

прикладі видно чому з'являється брак високих частот при зборі кластера. У таких акустичних системах як Flashlight фірми Turbosound ця особливість доведена до межі.

Новий погляд на лінійний масив даних вирішив ці проблеми шляхом інтерференції, при цьому винайшли принципово новий підхід до акустичного підсумовування від великої кількості випромінювачів, розташованих як усередині одного кабінету, так і в групі суміжних кабінетів.

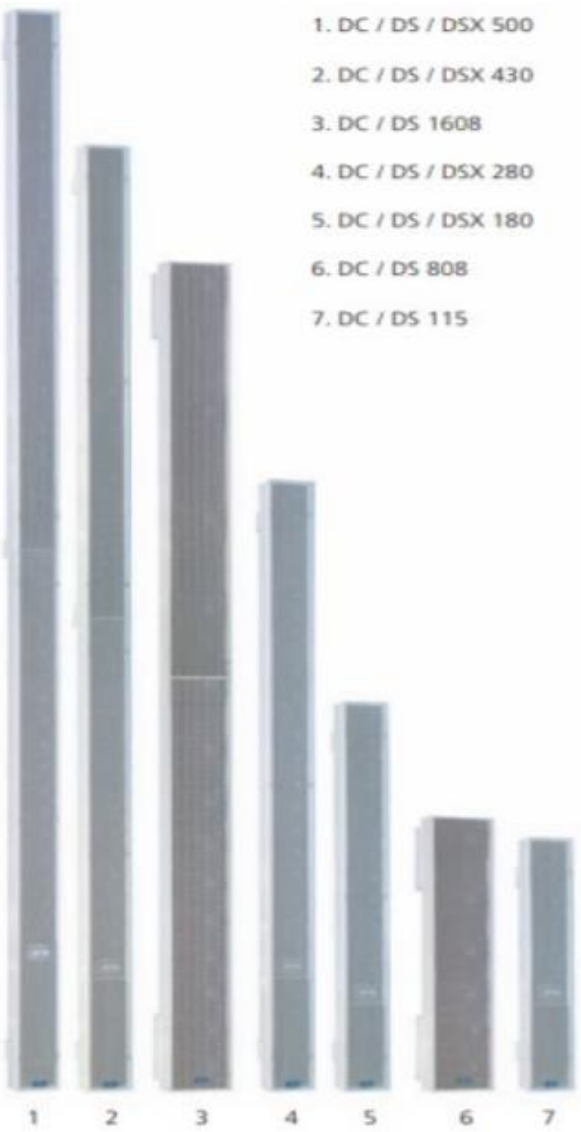


Рисунок 2.4 – Лінійка AXYS [8]

Компактні лінійні масиви функціонують у вигляді вертикально витягнутого корпусу з розташованими на передній площині гучномовцями. Є вбудований цифровий процесор для обчислення особливої передавальної функції для кожного гучномовця. Зміна за допомогою багатоканального підсилювача забезпечується для кожного гучномовця системи.

AXYS запустила лінійку гучномовців Intellivox (рис 2.4), яка є активними акустичними колонками висотою до 4,9 м. В моделі Intel livox-7sym є 16 широкосмугових 4" гучномовців. Акустична система забезпечує регулювання вертикальної діаграми спрямованості в широту від 6° до 14° при частотах вище 1000 Гц з можливим відхиленням напряму випромінювання від -16° до +16° по вертикалі [8].

Для забезпечення акустичних параметрів в просторі на відстані від 10 до 200 метрів EAW випустила серію акустичних систем на основі технології фазових точкових джерел KF900 (Рис 2.5). Його принцип реалізований у великому листковому радіальному кластері, де кожен шар акустичних систем опрацьовує властний частотний діапазон. Через моделювання та вимірювання на місці й оптимізації створюється передавальна характеристика для кожного випромінювача і шикується абсолютний розподіл акустичної потужності в просторі. При необхідності на 8 кГц одержати рівень 90 дБ на відстані 256 метрів, система, з врахуванням зникнення в повітрі, повинна нарощувати звуковий тиск 162 дБ/1 м, не перетинаючи при цьому максимальний рівень гучності на глядацьких місцях на відстані 15 метрів.

Фірма L-Acoustics випустила радіальний кластер з чотирьох кабінетів серії ARCS (рис 2.6). Високо-частотна секція розроблена із застосуванням технології формування фазового фронту у вигляді горизонтальної арки з кутом 22,5°. При установці 4 сусідніх кабінетів в горизонтальний кластер формується безперервний хвильовий фронт шириною 90°, де виключається інтерференція між сусідніми кабінетами.

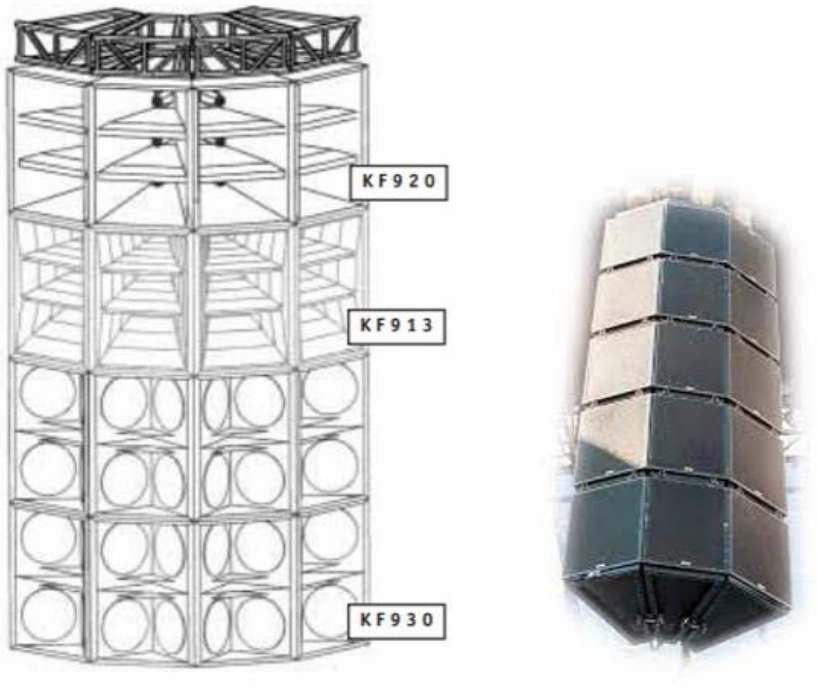


Рисунок 2.5 – Модель побудови та приклад EAW KF900 [9]

Рисунок 2.6 – Горизонтальний арочний масив L-Acoustics ARCS [9]

2.3 Опис особливостей, функціональних можливостей та технічних параметрів засобів облаштування акустичних умов приміщення залу

В теоретичних відомостях геометрії вказано: що променева геометрична теорія акустичного процесу базується на законах оптики (геометричної). Також, рух світлових та акустичних хвиль схожі, звідки випливає, що кут відбиття β дорівнює падаючому куту α, як і світло (в одній площині). Ще один збіг відбувається при відбитті від кривих поверхонь, оскільки воно залежить від форми відбиваючої поверхні, як вказано на рисунку 2.7.

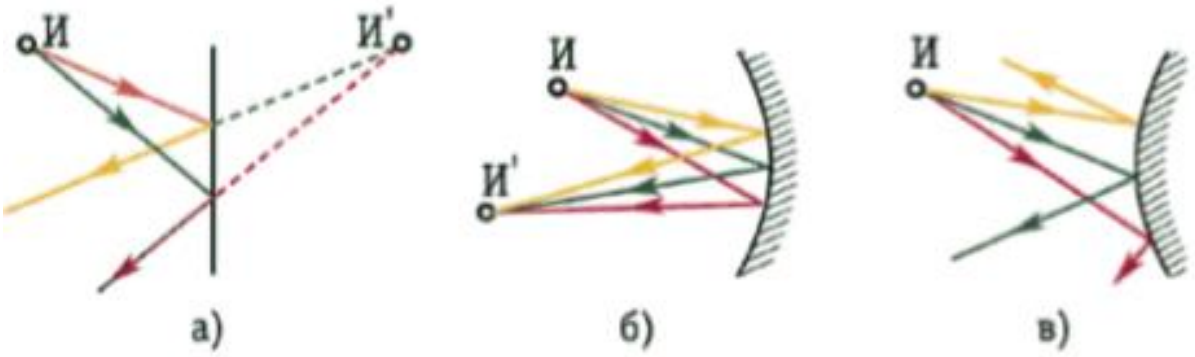


Рисунок 2.7 – Відбиття звуку від різних поверхонь [10]

Тобто опуклі поверхні розсіюють звук (рис 2.7 в), а увігнуті, навпаки, його концентрують (рис 2.7 б).

З цих даних розглянемо час затримки початкового відбиття, котрий пов'язаній з часом надходження прямого звуку. Для максимального покращення звуку голосу або музики, час затримки буде різним. Наприклад, «чистий» голос досягається при затримці 10-15 мс, а при відтворенні музики цей час змінюється на 30 мс, але не швидше 20 мс від акустичного сигналу. Хоча треба сказати, що музика чудового буде звучати і при відхиленнях 10-15% від цієї рекомендації [10].

Далі надається таблиця (табл. 2.2) про рекомендації до затримки при 3 відбиттях: від стелі, від бічних стін та від задньої стіни відповідно [10].

Таблиця 2.2 – Час першого, другого та третього відбиттів

Вид звучання	T1, мс	T2, мс	T3, мс
Музика	25-35	45-55	55-70
Мова	15-20	20-27	30-50

Ширину та висоту зали можна змінити на певні коефіцієнти, наприклад від 1/4 до 1/3 довжини. Також є максимуми при проектуванні, для ширини це 30 м, для довжини в 40 м, для балкону 46 м, для висоти 9 м. Мінімуми же для ширини 18,5 м, та висота 9 м. Але це все ж таки рекомендації, тому не завжди вони виконуються. Наприклад в табл. 2.3 вказана геометрія та деякі параметри відомих залів [10].

Акустична якість відбиттів в цих залах вважається гарною (ємність залу N, максимальна відстань Δt_1 - час затримки першого відбиття, L_b - на балконі, $L_п$ між аудиторією та партером, [10].

Таблиця 2.3 – Приклади розмірів та інших параметрів різних залів

Зал	N ,люд	$L_п$, м	$L_б$, м	Δt1 , мс
«Бостон»	2630	40	45	31
«Нью-Йор»	2700	34	45	23-28
«Зальцбур»	2700	34	45	23-28
«Каракас»	2000	28	35	30

2.4 Аналіз звукопоглинальних та звукорозсіювальних матеріалів для забезпечення акустичних умов приміщення зали

Розглянемо теоретичні відомості та коефіциент розсіювання звукової хвилі. Енергія падаючої акустичної хвилі розподіляється трьома способами: одна частина перетворюється в тепло всередині матеріалу, на який вона падає, і кількість цієї перетвореної енергії визначає звукопоглинальні властивості матеріалу. Інша частина енергії проходить через матеріал, що залежить від його звукоізоляційних властивостей, тоді як частина енергії, що залишилася, відбивається від поверхні і повертається в навколишнє середовище. У найпростішому випадку це дзеркальне відбиття, де дотримується закон Снелла, що означає, що кут відбиття дорівнює куту падіння і має місце в одній площині. Енергія, відбита під кутами, відмінними від кута падіння, називається розсіяною енергією. Кількість цієї енергії визначається коефіцієнтом розсіювання, який визначається за формулою.

$$s = 1 - \frac{E_{spec}}{E_{tot}}$$

де: s - коефіцієнт розсіювання, Espec - енергія дзеркально відбитого звуку, Etot - повна відбита енергія. Коефіцієнт розсіювання характеризує властивості розсіювання даної структури кількісно. Він може приймати значення від 0 до 1, де 0 представляє поверхню, яка створює повністю дзеркальне відображення, тоді як 1 відповідає поверхні повністю розсіювання (рис. 2.8) [10].

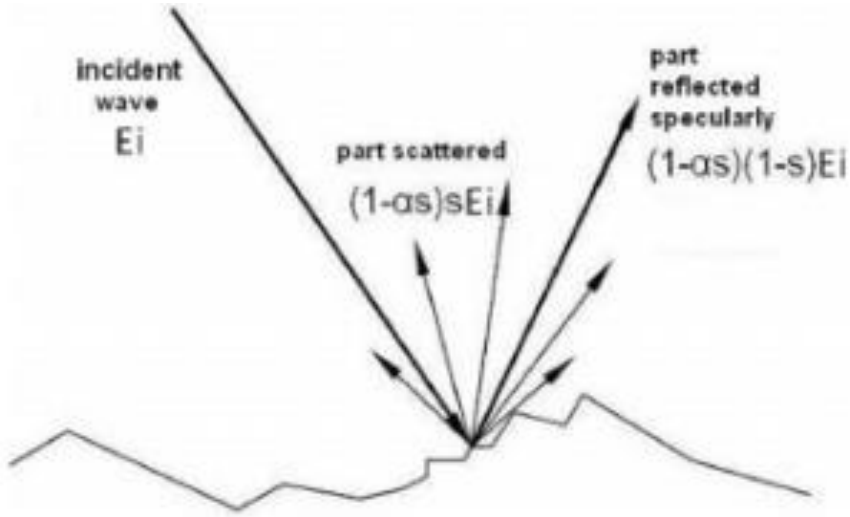


Рисунок 2.8 - Графічне зображення коефіцієнта розсіювання звуку s [10]

Вимірювання коефіцієнта розсіювання s, проводиться в реверберaційній камері. Вимірювальна система складається з поворотного столу, на якому встановлений зразок, вимірювального мікрофона, всенаправленого джерела звуку, генератора вимірювального сигналу та аналізатора сигналів (рис. 2.9) [11]. Під час вимірювання визначають імпульсні відгуки для чотирьох серій вимірювань: для обертового та нерухомого поворотного столу з зразком і без нього. Далі, шляхом інтегрування імпульсних реакцій, отримують чотири часи реверберації, які використовуються для визначення коефіцієнта поглинання реверберації αs та коефіцієнта дзеркального поглинання α_{spec}.

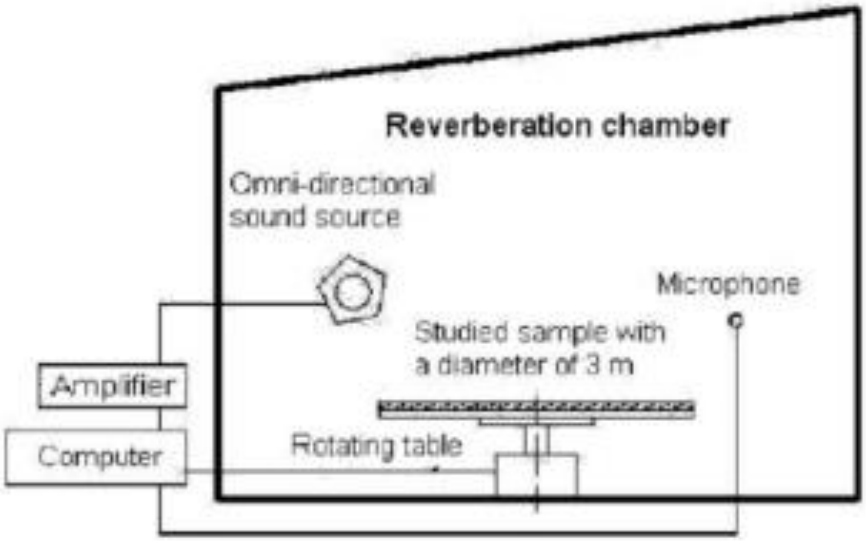


Рисунок 2.9 - Структурна схема системи вимірювання коефіцієнта розсіювання звуку, s [11]

На рисунку 2.10 представлені імпульсні характеристики для трьох різних положень зразка, показаного на рис. 2.11 і 2.12 для однакових положень джерела звуку та мікрофона. Видно, що в початковий інтервал часу відгуки однакові, що відповідає звуку, що прямує до мікрофона, і хвилі, дзеркально відбитій від зразка. і стінки камери (рис. 2.10, a). Пізніше реакції починають відрізнятися, що вказує на наявність розсіяних відображень, тобто з напрямків, відмінних від дзеркального. На малюнку 2.10, b показані відповіді для більш пізніх інтервалів часу, де

немає кореляції між сигналами. Усереднений за повним обертом зразка відгук має зменшений перетин з розсіяними відображеннями.

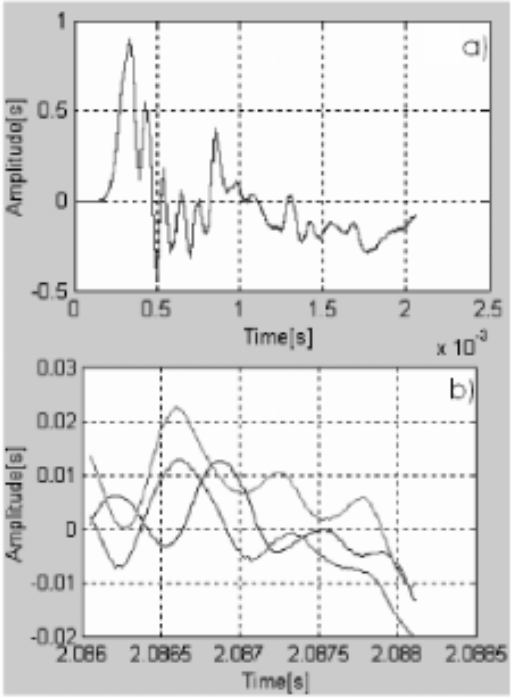


Рисунок 2.10 - Імпульсні реакції для трьох позицій вибірки [12]

Рисунок 2.11 - Зразок у вимірювальній системі в реверберaційній камері [13]

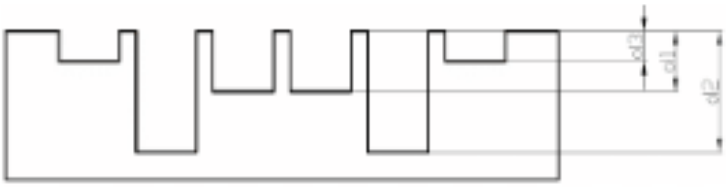


Рисунок 2.12 - Поперечний переріз зразка на основі послідовності квадратних залишків [13]

Визначалися імпульсні характеристики для двох положень джерела звуку та для трьох положень мікрофона. На рисунку 2.13 наведено значення коефіцієнта розсіювання звуку в залежності від частоти, які були отримані за часами реверберації, визначеними на основі записаних імпульсних реакцій. Описана вище акустична система була запропонована як елемент обладнання задньої стінки залу Львівської опери для покращення акустики. виконання підбалконного простору [14]. Аналогічна методика була використана для дослідження системи розсіювання (діфузора), розробленої для експериментальної кімнати для повторних репетицій акторів. Геометрія дифузора, встановленого під стелею, була адаптована до конструкції стелі та функції приміщення. На рисунках 2.14 і 2.15 показаний вигляд і поперечний переріз розсіювача, а на рис. 2.16 показаний коефіцієнт розсіювання звуку, знайдений під час лабораторних досліджень. У таблиці наведено результати дослідження для визначення коефіцієнтів поглинання та розсіювання для стельового розсіювача. Зверніть увагу, що коефіцієнт розсіювання має високі значення для частот вище 2 кГц, тоді як коефіцієнт поглинання переважає для середніх і низьких частот. Цей тип розсіювача при встановленні на великих площах стелі забезпечував збалансований час реверберації в приміщенні та рівномірний розподіл акустичного поля для будь-якого дизайну інтер’єру.

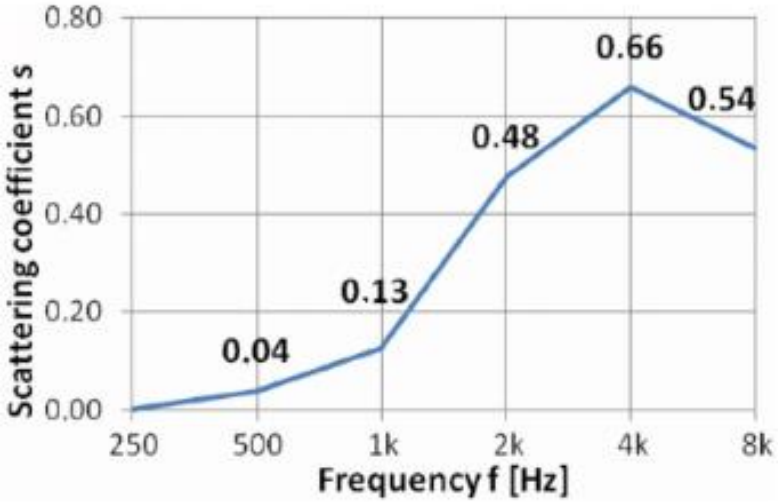


Рисунок 2.13 - Коефіцієнт розсіювання звуку як функція частоти досліджуваної системи [13]

Рисунок 2.14 - Зразок у вимірювальній системі в реверберaційній камері [13]

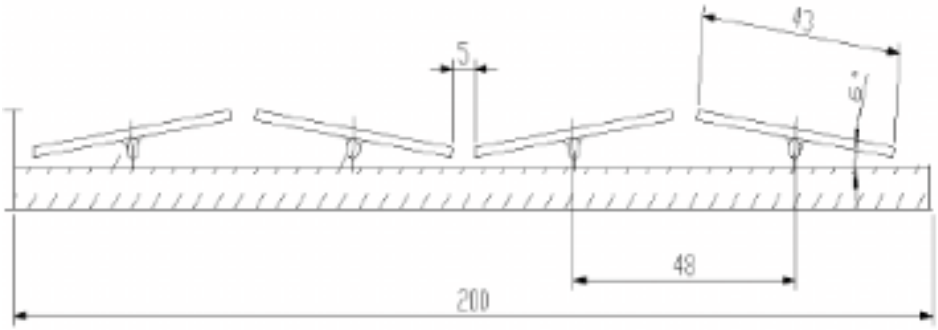


Рисунок 2.15 - Поперечний розріз дифузора, що використовується в експериментальній реверберaційній камері [13]

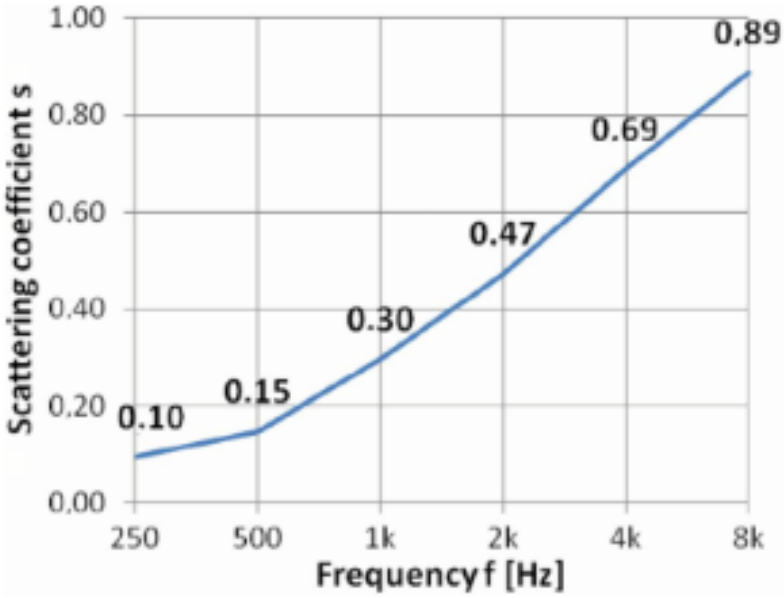


Рисунок 2.16 - Коефіцієнт розсіювання звуку стельового диффузора як функція частоти [13]

Висновок до розділу 2

В даному розділу розглянуто загальну структуру акустичного обладання концертно-театрального залу та схеми звукопідсилення, також окремно розглянуто всі елементи схем, всі необхідні визначення та параметри записанні. Дослідженно вплив матеріалів та їх положення на час звуковідбиття, час реверберації та якість звучання. Розглянуто необхідні приблизні параметри звуковідбиття при різних цілях прослуховування, для мови та музики, для більш точного визначення часу відбиття потрібні подальші розрахунки.

Дослідженні літературні джерела про звукорозсіювання, де важливим чиником цього параметру являється нахил поверхлі, від якої іде відбиття. Також відміченні необхідні далі механізми зміни акустичних параметрів, їх схеми та графіки ефективності цих засобів на практиці, такі як коефіцієнт розсіювання та імпульсна реакція

3 РОЗРОБКА ТА ОПИС АРХІТЕКТУРИ ПРИМІЩЕННЯ КАМЕРНОЇ КОНЦЕРТНО-ТЕАТРАЛЬНОЇ ЗАЛИ ТА ЗАБЕЗБЕЧЕННЯ АКУСТИЧНИХ УМОВ

3.1 Особливості проектування акустичних умов приміщення камерної концертно-театральної зали

При стандатному золотому перезіру с відношенями h_3:b_3:l_3 =1/1,6/2,6 і прямокутній формі зала, беремо наприклад l_3 = 22,6 м, що являється оптимальною довжиною для сучасних залів для концертно-театральних заходів. Тоді:

$$h_3 = \frac{22{,}6}{2.6} = 8{,}69 = 8{,}5 \text{ (м)}$$

$$b_3 = \frac{22{,}6}{1.6} = 14{,}12 = 14 \text{ (м)}$$

При відомих архітектурних параметрів зали можна також визначити максимальну кількість глядачів N.

$$N = (l_з/k_{k.з.})^2 = \left(\frac{22}{1.6}\right)^2 = 190.$$

де $k_{k.з.}$- коефіцієнт комфортності до форми зали і глядацького місця, може бути в діапазоні $k_{к.з.}$=1,3…1,8 (1,3 – велика міскість але гірші умови, 1,8 – найкомфортабельніші місця, але меньше глядачів)

Площа підлоги зали дорівнює:

$$S_3 = l_з * b_з = 22 * 14 = 308 \text{ м}^2$$

Об’єм зали без урахуванням підйому підлоги та підйому сцени буде:

$$V_3 = (22 * 14 * 8{,}5) = 2618 \text{ м}^3$$

Об’єм зали з урахуванням підйому підлоги та підйому сцени буде рівною об’єму зали, оскільки підйом підлоги незначний і їм можна знехтувати:

$$V_3 = 2618 \text{ м}^3$$

Глибина сцени 6 м, висота 1 м.

Відстань від першого глядача до сцени 2 м.

Площа всіх поверхонь зали

$$S_{\sum} = 2 * (22 * 14 + 8{,}5 * 14 + 8{,}5 * 22) = 1228 \text{ м}^2$$

Беручі до уваги рівень комфорту зали та максимальну кількість глядачів, можна взяти 15 рядів, в середньому по 12 місць кожен ряд, тоді виходить кількість глядачів в даному камерному залі 162.

Висота підйому підлоги n-го ряду відносно першого визначається з формули:

$$h_{n-\text{п}} = h_{\text{п-е}} - h_{\text{п-око.г.}} + cn$$

Підйом самої зали зробимо 0,2, починаючи з 5 ряду. Тоді загальний підйом підлоги буде становити в останньому ряду 2 м.

3.2 Розрахунок необхідних акустичних параметрів зали

3.2.1 Забезпечення часу реверберації для проведення концертно-театральних заходів

Для забезпечення оптимального часу реверберації в концертних виставах при об'єму залу V = 2618 м^3 використуємо номограми і оптимальний час вийде близько 1.4 с.

Формула часу реверберації буде:

$$T = \frac{0{,}161 \cdot V}{-S_{\Sigma} \cdot \ln \cdot (1-\alpha) + 4 \cdot \mu \cdot V}$$

де V – об'єм приміщення глядацької зали, $S_{\sum}$ -загальна площа внутрішніх поверхонь; α - середній коефіцієнт звукопоглинання; а μ - коефіцієнт звукопоглинання у повітрі, для частот нижче або рівним 1000 Гц приймемо μ = 0, для f = 2000 Гц μ = 0,0025, для f = 4000 Гц μ = 0,006

Площа внутрішніх поверхонь:

$$S_{\sum} = 1228 \text{ м}^2$$

Одразу обраховуємо для частоти 500 Гц:

$$-\ln(1-\alpha_{\text{ср}}) = \frac{0{,}161\,V}{T\,S_{\sum}} = \frac{0.161*2618}{1.4*1228} = 0.245$$, з цього знаходимо $\alpha_{\text{ср}}$:

$$\alpha_{\text{ср}} = 1 - e^{-\ln(1-\alpha_{\text{ср}})} = 1 - e^{-0.245} = 0.217$$

$$\text{A}_{500} = \alpha_{\text{ср}} * S_{\sum} = 267{,}003 \text{ Себ.}$$

Для частоти 2000 Гц:

$$-\ln(1-\alpha_{\text{ср}}) = \frac{0{,}161\,V - 4\mu VT}{T\,S_{\Sigma}} = 0{,}224$$

$$\alpha_{\text{ср}} = 1 - e^{-\ln(1-\alpha_{\text{ср}})} = 1 - e^{-0{,}224} = 0{,}201$$

$$\text{A}_{2000} = \alpha_{\text{ср}} * S_{\sum} \quad = 246{,}296 \text{ Себ}$$

Для частоти 4000 Гц:

$$-\ln(1-\alpha_{\text{ср}}) = \frac{0{,}161\,V - 4\mu VT}{T\,S_{\Sigma}} = 0{,}194$$

$$\alpha_{\text{ср}} = 1 - e^{-\ln(1-\alpha_{\text{ср}})} = 1 - e^{-0.194} = 0.176$$

$$\text{A}_{4000} = \alpha_{\text{ср}} * S_{\sum} \quad = 216{,}553 \text{ Себ}$$

Таблиця 3.1 – Основний фонд звукопоглинання

f, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
T_p, с	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
$-\ln(1-\alpha_{\text{ср}})$	0,245	0,245	0,245	0,245	0,224	0,194
$\alpha_{\text{ср}}$	0,217	0,217	0,217	0,217	0,201	0,176
А, Себ	267	267	267	267	246,3	216,5

Далі забезбечуємо необхідного оптимального часу реверберації для основного фонду, який враховує людей, килимати, двері та вентиляційні ґрати, тощо. Розглядаємо ці фактори для частот 125-4000 Гц. Результат вносимо в таблицю та створюємо графік.

Таблиця 3.2 – Основний фонд звукопоглинання

Найменування	Площа або кількість	125		250		500		1000		2000		4000	
		α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
Основний фонд													
Глядачі	162	0,28	45,36	0,4	64,8	0,45	72,9	0,49	79,38	0,47	76,1	0,45	72,9
Колонки звукопідсилення	8	0,23	1,84	0,26	2,08	0,26	2,08	0,29	2,32	0,32	2,56	0,36	2,88
Коврова доріжка	224	0,12	26,8	0,14	31,36	0,23	51,5	0,32	71,6	0,38	85,1	0,42	94,08
Підлога паркетна	84	0,06	5,04	0,07	5,88	0,06	5,04	0,05	4,2	0,05	4,2	0,07	5,88
Двері	30	0,3	9	0,3	9	0,3	9	0,4	12	0,4	12	0,4	12
Вентиляційні решітки	5	0,3	1,5	0,42	2,1	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0,51	2,55
Вільні стіни та стеля (відштукатурені)	880	0,01	8,8	0,01	8,8	0,02	17,6	0,02	17,6	0,03	26,4	0,03	26,4
Вікна в апаратні	5	0,35	1,75	0,25	1,25	0,18	0,9	0,12	0,6	0,07	0,35	0,04	0,2
Всього:			100,1		125,2		161,5		190,2		209,2		216,89
$A_{необ}$			267		267		267		267		246,2		216,5
$A_д=A_{тр}-A_о$			166,8		141,7		105,4		76,7		37,02		-0,337

Як видно з таблиці 3,2 основного фонду поглинання недостатньо для покриття необхідного поглинання крім частоти 4 кГц. Як результат треба додатково розрахувати матеріали та їх кількість для забезбечення необхідного поглинання в межах ±10%.

Таблиця 3.3 – Розрахунок додаткового фонду звукопоглинання

Найменування	Площа або кількість	125		250		500		1000		2000		4000	
		α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
Додатковий фонд													
Проміжне значення			100,1		125,2		161,5		190,2		209,2		216,89
Неперфорований пластик с віднесенням 100 мм, заповнювач ПП-80	50	0,9	45	0,7	35	0,4	20	0,14	7	0,02	1	0	0
Проміжне значення			145,1		160,2		181,5		197,2		210,2		216,8
Акустична пенополіуретанова панель з пірамідними формами	40	0,9	36	0,75	30	0,6	24	0,35	14	0,3	12	0,02	0,8
Проміжне значення			181,1		190,2		205,5		211,2		222,2		217,6
Акустична плита з каучука, армотканини та пенополіуретану	35	0,95	33,25	0,75	26,25	0,5	17,5	0,3	10,5	0,3	10,5	0,01	0,35
Проміжне значення			214,3		216,4		223		221,7		232,7		218
Акустичні панелі з паралону випуклої форми	20	0,8	16	0,65	13	0,35	7	0,6	12	0,25	5	0,15	3
Проміжне значення			230,3		229,4		230		233,7		237,7		221
Драпірування плюшеве у вигляді портьєр, що вільно звисає із складками (щільність 0,65 кг/м^2)	32	0,4	12,8	0,45	14,4	0,5	16	0,52	16,64	0,7	22,4	0,5	16

Продовження таблиці 3.5

Всього: $\mathbf{A_{розр}}$= $A_о+A_д$			243,1		243,8		246		250,3		260,1		237
$\boldsymbol{A_{необ}}$			267		267		267		267		246,2		216,5
$A_{необ}$ +10%			293,7		293,7		293,7		293,7		270,9		238,21
$A_{необ}$ -10%			240,3		240,3		240,3		240,3		221,6		194,90
Середній коефіцієнт поглинання $\alpha_{розр}=A_{розр}/S_{\Sigma}$			0,198		0,198		0,200		0,204		0,212		0,193
$-\ln(1-\alpha_{розр})$			0,220		0,221		0,224		0,228		0,238		0,214
$-S_{\Sigma}\ln(1-\alpha_{розр})$			271		271,8		274,5		280		292,3		263,4
Розрахунковий час реверберації $\boldsymbol{T_{розр}}$			1,52		1,51		1,5		1,5		1,4		1,5
Поглинання звуку в повітрі ($4\mu V$)			0		0		0		0		1,4		2,24

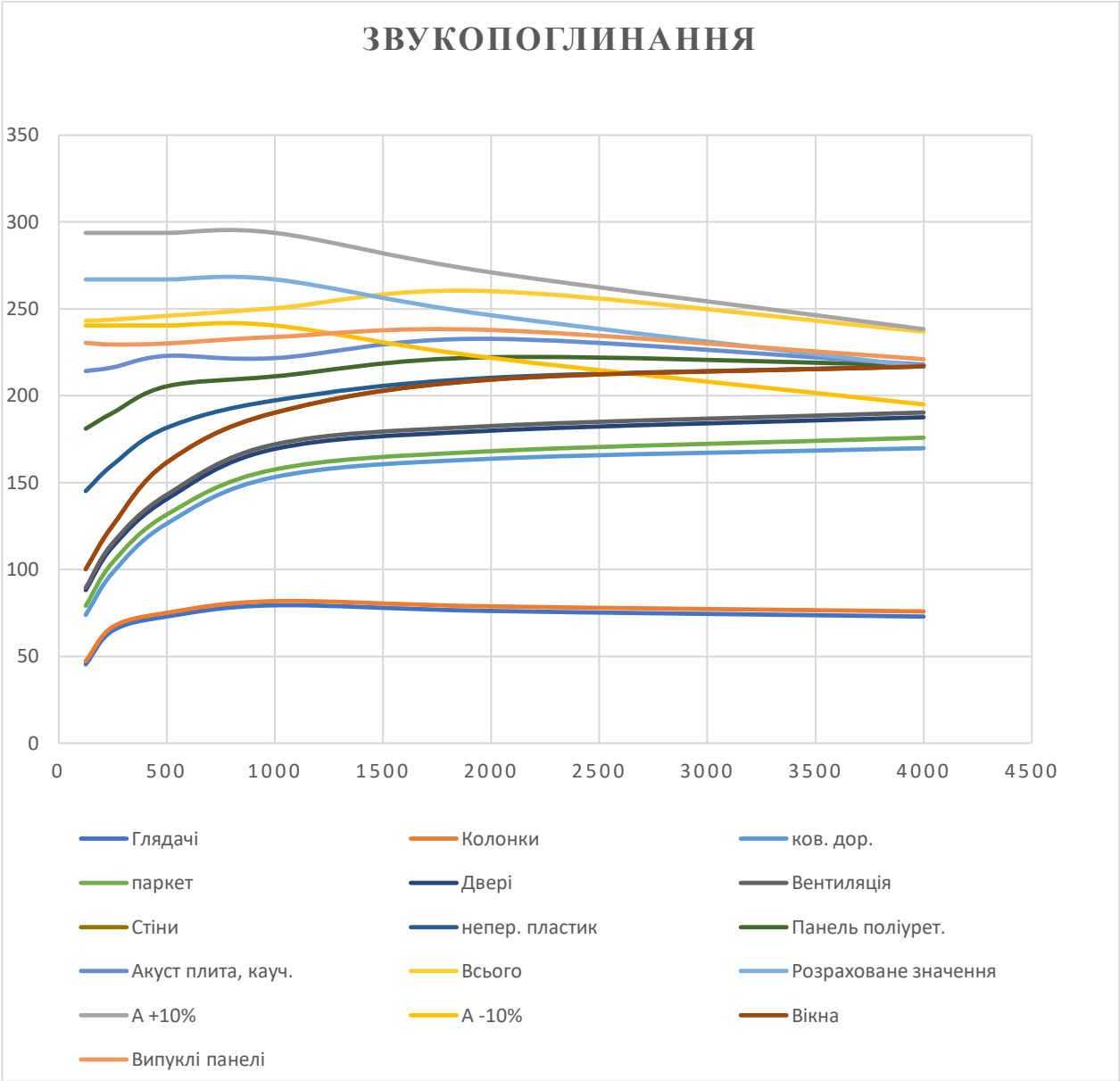


Рисунок 3.1 – Графік фонду звукопоглинання (концерт)

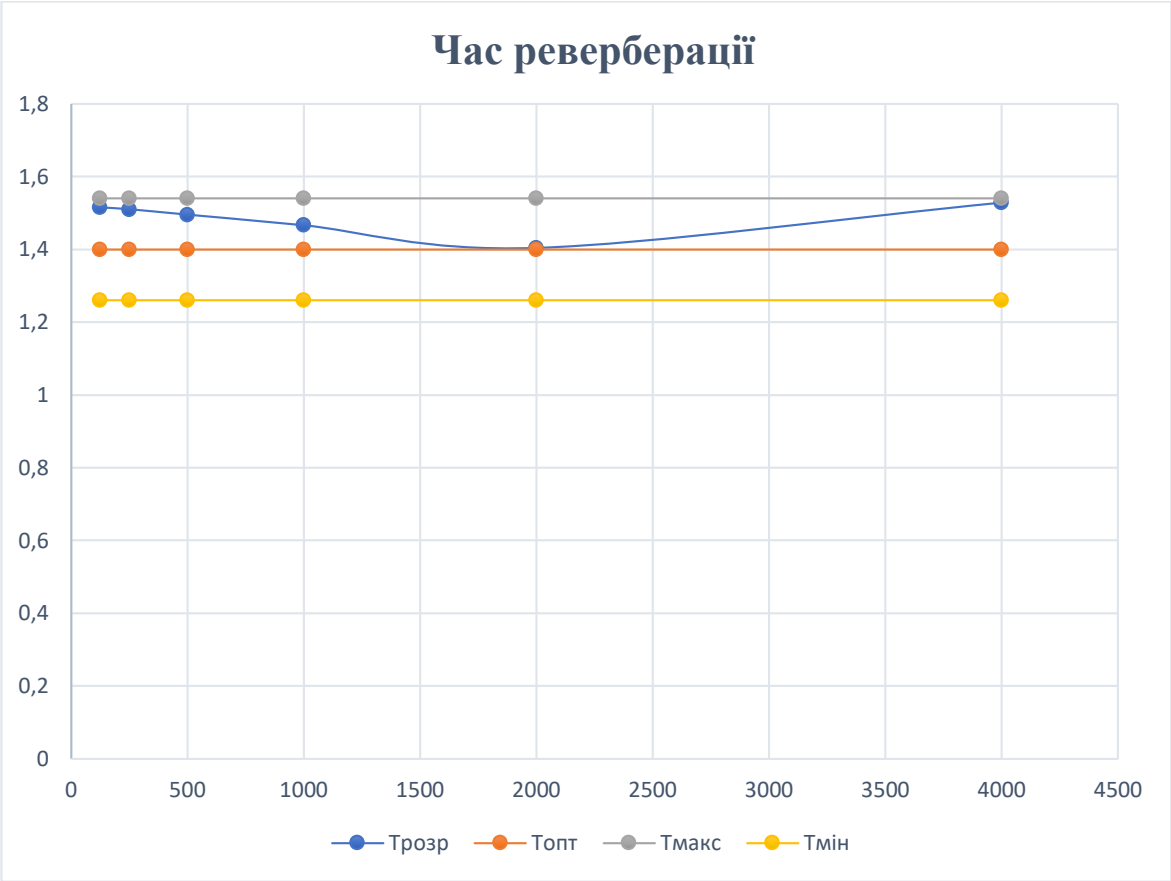


Рисунок 3.2 – Залежність часу реверберації від частоти (концерт)

Після підбору матеріалів, їх площі було знайдено оптимальну комбінацію за для забезбечення необхідного часу реверберації ±10%. Тобто значення на 125 Гц в 1,51с є допустимим оскільки підходить в рамки 10%.

3.2.2 Забезпечення часу реверберації для проведення театральних заходів

Для забезпечення оптимального часу реверберації для театральних вистав з об'ємом залу V = 2818 м^3 використуємо номограми і оптимальний час вийде близько 1 с. Для кращого сприйняття низьких частот, збільшуємо на 20% час реверберації на 125 Гц.

Площа внутрішніх поверхонь, при враховані підйому підлоги:

$$\boldsymbol{S}_{\sum} = 1228 \text{ м}^2$$

Одразу обраховуємо для частоти 500 Гц:

$$-\ln(1-\alpha_{\text{ср}}) = \frac{0{,}161\,V}{T\,S_{\sum}} = \frac{0.161*2618}{1*1228} = 0{,}343\,,$$

з цього знаходимо $\alpha_{\text{ср}}$:

$$\alpha_{\text{ср}} = 1 - e^{-\ln(1-\alpha_{\text{ср}})} = 1 - e^{-0.343} =$$

$$\text{A}_{500} = \alpha_{\text{ср}} * S_{\sum} \quad = 356{,}773 \text{ Себ.}$$

Для частоти 2000 Гц:

$$-\ln(1-\alpha_{\text{ср}}) = \frac{0{,}161\,V - 4\mu VT}{T\,S_{\sum}} = 0{,}322$$

$$\alpha_{\text{ср}} = 1 - e^{-\ln(1-\alpha_{\text{ср}})} = 1 - e^{-0.322} = 0{,}275$$

$$\text{A}_{2000} = \alpha_{\text{ср}} * S_{\sum} \quad = 338 \text{ Себ}$$

Для частоти 4000 Гц:

$$-\ln(1-\alpha_{\text{ср}}) = \frac{0{,}161\,V - 4\mu VT}{T\,S_{\sum}} = 0{,}292$$

$$\alpha_{\text{ср}} = 1 - e^{-\ln(1-\alpha_{\text{ср}})} = 1 - e^{-0.292} = 0{,}253$$

$$\text{A}_{4000} = \alpha_{\text{ср}} * S_{\sum} \quad = 311{,}035 \text{ Себ}$$

Таблиця 3.5 – Основний фонд звукопоглинання

f, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
T_p, с	0,8	0,9	1.0	1.0	1.0	1.0
$-\ln(1-\alpha_{\text{ср}})$	0,429	0,381	0,343	0,343	0,322	0,292
$\alpha_{\text{ср}}$	0,349	0,317	0,291	0,291	0,275	0,253
А, Себ	428,415	389,374	356,773	356,773	338,000	311,035

Далі забезбечуємо необхідного оптимального часу реверберації для додаткового фонду, (основний фонд знаходиться в таблиці 3.2). Розглядаємо всі фактори для частот 125-4000 Гц. Результат вносимо в таблицю та створюємо графік.

Таблиця 3.6 – Розрахунок додаткового фонду звукопоглинання

Найменування	Площа або кількість	125		250		500		1000		2000		4000	
		α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
Додатковий фонд													
Проміжне значення			100,1		125,2		161,5		190,2		209,2		216,89
Неперфорований пластик с віднесенням 100 мм, заповнювач ПП-80	100	0,85	85,0	0,55	55,0	0,35	35,0	0,14	14,0	0,02	2,0	0,00	0,0
Проміжне значення			185,1		180,2		196,5		204,2		211,2		216,9
Паралон з пропитаним магнезитом деревом	80	0,85	68,0	0,60	48,0	0,65	52,0	0,35	28,0	0,50	40,0	0,15	12,0
Проміжне значення			253,1		228,2		248,5		232,2		251,2		228,9
Акустичний пропіпропілен кубічної форми	75	0,75	56,3	0,80	60,0	0,75	56,3	0,90	67,5	0,70	52,5	0,40	30,0
Проміжне значення			309,4		288,2		304,8		299,7		303,7		258,9
Басс пастка 500*500*200 з фанери та паралону	70	0,90	63,0	1,00	70,0	0,70	49,0	0,85	59,5	0,50	35,0	0,45	31,5
Проміжне значення			372,4		358,2		353,8		359,2		338,7		290,4
Драпірування плюшеве у вигляді портьєр, що вільно звисає із складками (щільність 0,65 кг/м^2)	40	0,40	16,0	0,45	18,0	0,5	20,0	0,52	20,8	0,70	28,0	0,50	20,0

Продовження таблиці 3.6

Всього: $\mathbf{A_{розр}}$= $A_о+A_д$			401,1		384,4		379		382,1		367		310,3
$\boldsymbol{A_{необ}}$			428,4		389,3		356,8		356,8		338		311
$A_{необ}$ +10%			471,2		428,3		392,4		392,4		371,8		342,1
$A_{необ}$ -10%			385,5		350,4		321,1		321,1		304,2		279,9
Середній коефіцієнт поглинання $\alpha_{розр}=A_{розр}/S_{\Sigma}$			0,327		0,313		0,309		0,311		0,298		0,252
$-\ln(1-\alpha_{розр})$			0,395		0,376		0,369		0,373		0,355		0,291
$-S_{\Sigma}\ln(1-\alpha_{розр})$			485,6		461,1		453,2		457,7		436		357,8
Розрахунковий час реверберації $\boldsymbol{T_{розр}}$			0,87		0,91		0,93		0,92		0,95		0,96
Поглинання звуку в повітрі ($4\mu V$)			0		0		0		0		1,4		2,24

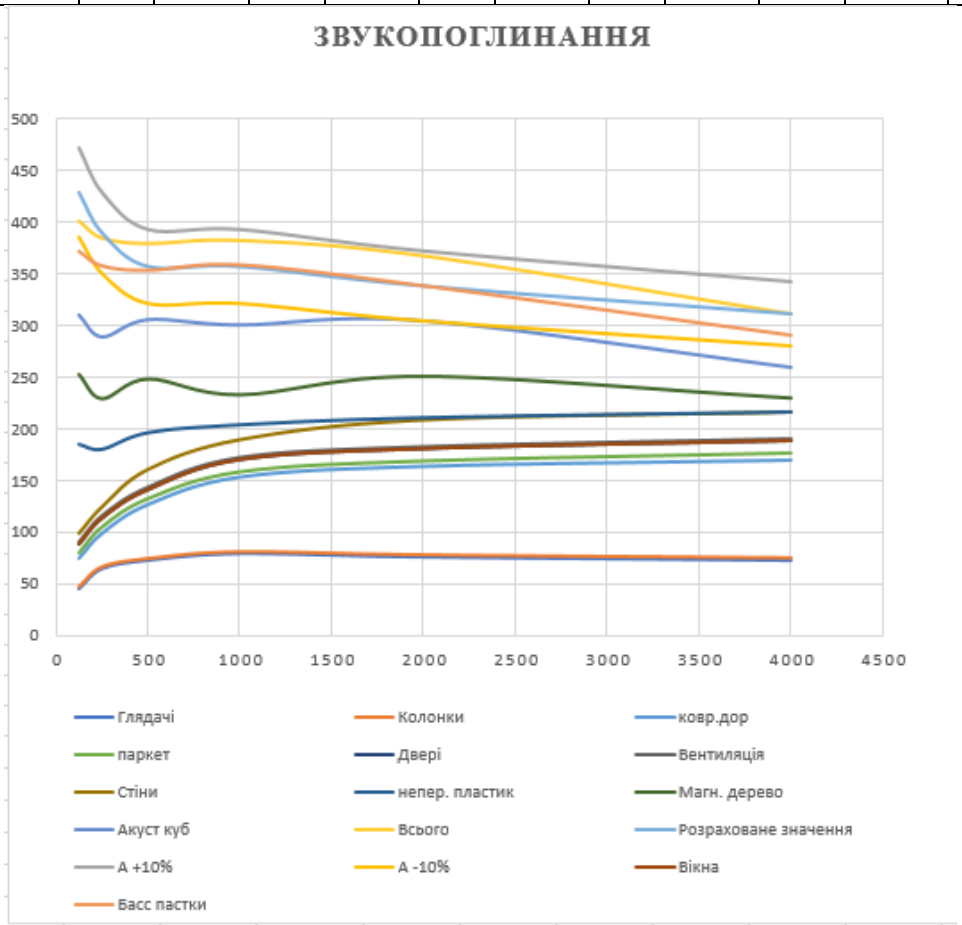


Рисунок 3.3 – Графік фонду звукопоглинання (театр)

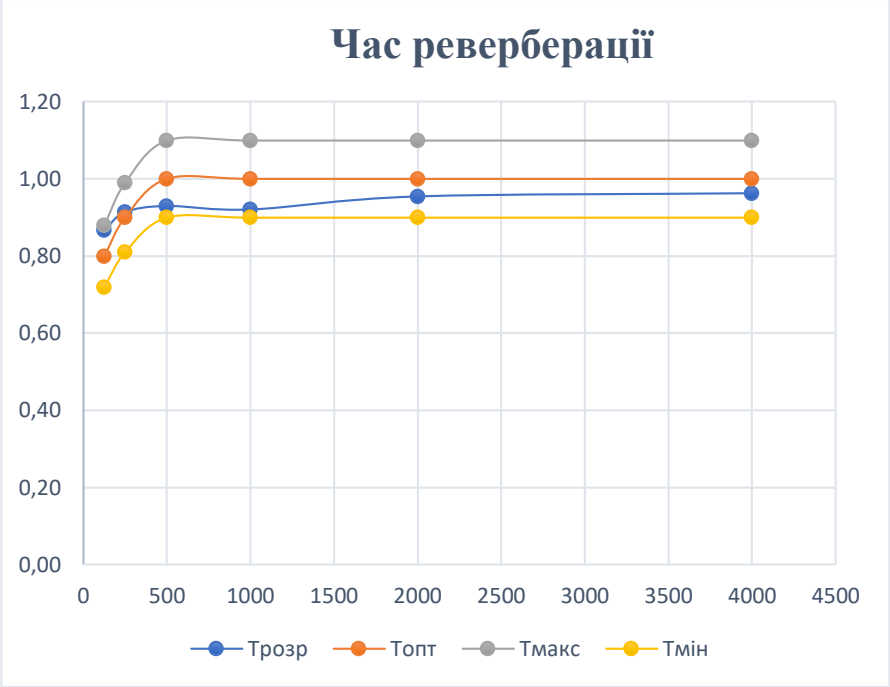


Рисунок 3.4 – Залежність часу реверберації від частоти (театр)

Після підбору матеріалів та їх площі для театральних вистав де оптимальний час реверберації набагато нижче ніж при концертних виставах через концентрацію на голосі, а не на музиці було знайдено оптимальну комбінацію за для забезбечення цього часу реверберації в межах ±10%. Тобто значення на 125 Гц в 0,87 с є допустимим оскільки підходить в рамки ±10%.

Висновки до 3 розділу

В даному розділу виконанні розрахунки акустичних умов концертно-театрального залу, окремо для проведення концертних заходів та театральних вистав. Отримані результати повністю відповідають заданим в технічному завданні. Як звукопоглинальні матеріали обрані сучасні звукопоглинальні матеріали та конструкції фірми vicoustic [14]. Розміри зали та параметри відповідають вимогам та розмірам камерного концертно-театрального залу. Всі графіки та таблиці можна використовувати при будівництві та підбору матеріалів на справжньому об’єкті.

ВИСНОВКИ

Розглянуто літературні джерела загальні поняття театральних вистав таконцертних заходів та дані по необхідному звуковому рівню для різніх жанрів музики (рок, класика, поп, блюз,…) і для різноманітних місць проведення та звучання музики (театри, ресторани, концертні зали, тощо).

Дослідженно вплив технологій на вистави музичного та співочого характеру та їх розвиток і їх сучасні аналоги, також дослудженно архітектурні типи театральних залів, їх параметри, акустичні властивості, тощо. Знайденно залежність якісного звучання музики й деяких параметрів, та знайденно приблизні оптимальні часи реверберації для різніх типів вистав, але потрібен подальший розрахунок для більш точних показників.

Розглянуто загальну структуру акустичного обладання концертно-театрального залу та схеми звукопідсилення, також окремно розглянуто всі елементи схем, всі необхідні визначення та параметри записанні. Дослідженно вплив матеріалів та їх положення на час звуковідбиття, час реверберації та якість звучання. Розглянуто необхідні приблизні параметри звуковідбиття при різних цілях прослуховування, для мови та музики, для більш точного визначення часу відбиття потрібні подальші розрахунки.

Дослідженні літературні джерела про звукорозсіювання, де важливим чиником цього параметру являється нахил поверхлі, від якої іде відбиття. Також відміченні необхідні далі механізми зміни акустичних параметрів, їх схеми та графіки ефективності цих засобів на практиці, такі як коефіцієнт розсіювання та імпульсна реакція

При аналітичному розгляді літературних-джерел-наведено-найважливіші акустичні параметри приміщення, які впливають на враження глядачів та слухачів вистав. Наведено звукопоглинальні матеріали, що можуть бути застосовані при покращенню акустичних параметрів будівлі. Також розглянуто основні пункти обладнання театрального залу.

Зазначено та визначено розміри зали с достатнім рівнем комфорту 15 рядів по 12 місць в залі 22*14*8.5 м. Оптимальний час реверберації для концертно-театрального залу визначили як лінійний 1,4 с на всіх частотах від 125 Гц до 4000 Гц. В свою чергу в залі театрального типу оптимальний час реверберації вийшов 1 с, зі зменьшенням до 0,8 с на 125 Гц. На основі цих значень був знайдений основний фонд якого виявилось недостатньо, та додатковий фонд звукопоглинання в який було занесений список матеріалів та їх площина для забезпечення необхідного звукопоглинання. Місця розташування та розріз зали показанно на кресленнях.

Виконанні розрахунки акустичних умов концертно-театрального залу, окремо для проведення концертних заходів та театральних вистав. Отримані результати повністю відповідають заданим в технічному завданні. Як звукопоглинальні матеріали обрані сучасні звукопоглинальні матеріали та конструкції фірми vicoustic [14]. Розміри зали та параметри відповідають вимогам та розмірам камерного концертно-театрального залу.

Звукоізоляція залу за умови застосування запропонованих матеріалів та їх площини є достатнім.

Проект та теоретичну інформацію з цього дипломного проекту можна використовувати як готове рішення, або як приклад для побудови залів концертно-театрального типу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. St-Peterburg government univercity телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (Дата звернення: 15.05.2022).
2. J. Cox, P. D‘Antonio, Acoustic Absorbers and Diffusers. Spon Press, London and New York 2004. (Дата звернення: 15.05.2022).
3. О.П. Гребінь. Конспект лекцій з дисципліни «Архітектурна акустика», розділ «Проектування акустичних умов кінотеатральних зал» / О.П. Гребінь, Н.Ф. Левенець. – К.: НТУУ «КПІ», ФЕЛ, 2016. – 104 с (Дата звернення: 15.05.2022).
4. О.П. Гребінь. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Архітектурна акустика» на тему «Проектування акустичних умов кінотеатральних зал», для студентів усіх форм навчання за напрямом підготовки 6.050803 Акустотехніка спеціальності „Аудіо-, відео- та кінотехніка” усіх форм навчання / Укл. О.П. Гребінь, О.М. Прядко, Н.Ф. Левенець. – К.: КПІ, 2016. – 192 с. (Дата звернення: 25.05.2021).
5. T. Kamisiński, R. Kinasz, J. Rubacha, A. Pilch, Czasopismo Technic Architektura PolitechnikiKrakowskiej, Kraków 2009. (Дата звернення: 17.05.2022).
6. Bruel&Kjaer DIRAC Room Acoustics Software type 7841, user manual. V. 4.0 (2007). (Дата звернення: 17.05.2022).
7. URL: illuminated-integration.com(Дата звернення: 21.05.2022).
8. Present5. Acoustics of concert halls. URL: https://prresent5.com/akustikakoncertnyx-zalov-creation-concertnux/ (Дата звернення: 05/21/2022).
9. М. І. Романюк, П. В. Попович. Технічне забезпечення Кінотеатрів та інформаційно-розважальних заходів. 6-21с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23942/1/Tekhn_zab.pdf (Дата звернення: 22.05.2022).

10. М. І. Романюк, П. В. Попович. Технічне забезпечення Кінотеатрів та інформаційно-розважальних заходів. 6-21с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23942/1/Tekhn_zab.pdf
11. Eastern Acoustic Works. Manual KF900's Series. URL: http://www.felusch.com/ton/003_Themen/Lautsprecher/EAW/EAW__KF900_Touring_Usage_Guide.pdf (Дата звернення: 26.05.2021).
12. Present5. Acoustics of concert halls. URL: http://prresent5.com/akustikakoncertnyx-zalov-sozdanie-koncertnyx/ (Дата звернення: 25.05.2021)
13. https://www.no-regime.com/ru-ru/wiki/Concert
14. http://www.vicoustic.com.ua/

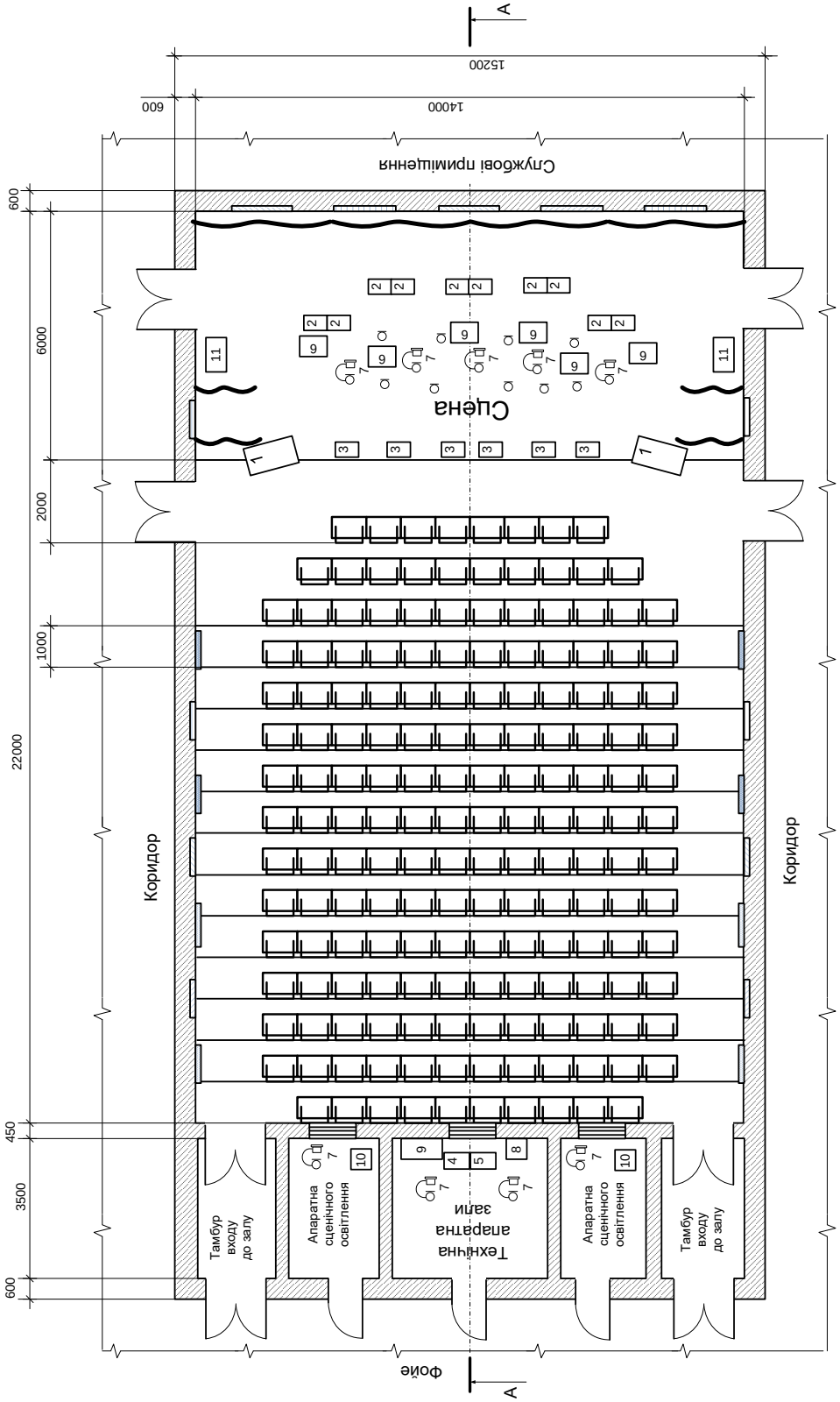
Додаток А

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

дипломного проекту

на тему

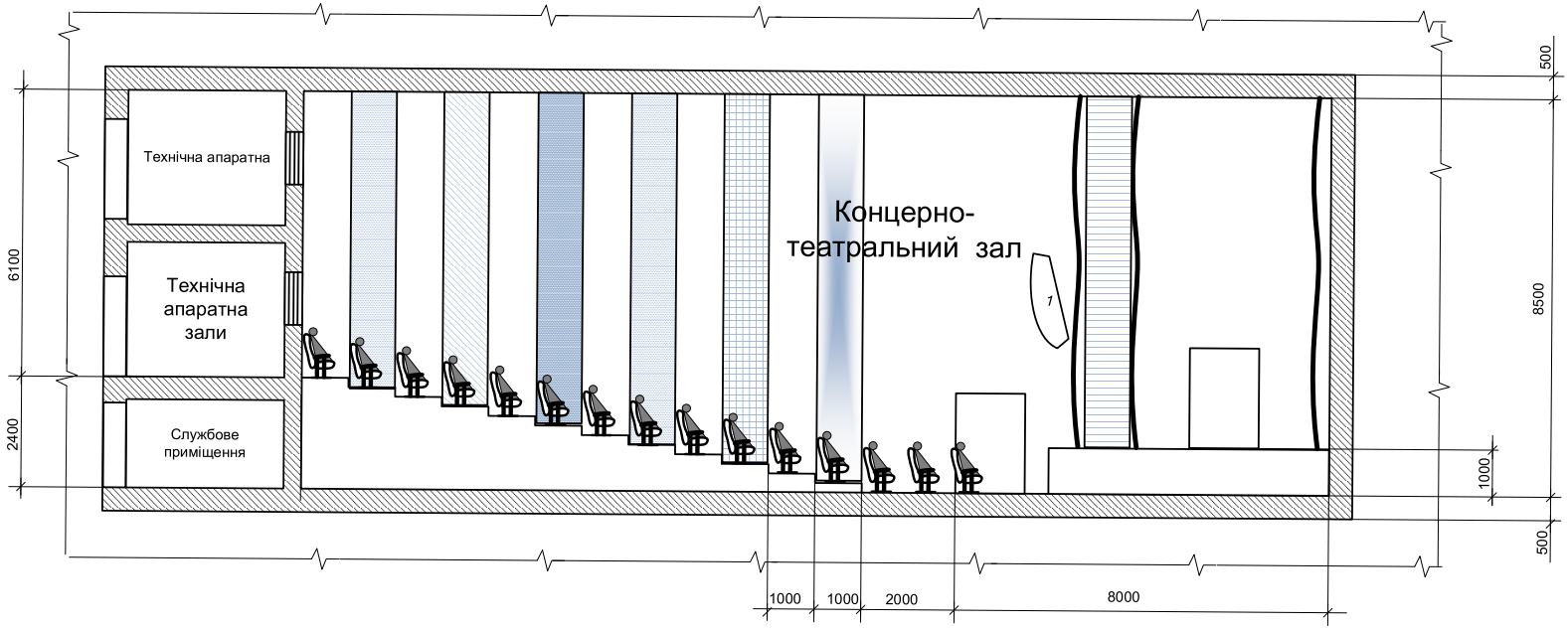
“ Камерна концертно-театральна зала зі змінними акустичними параметрами ”



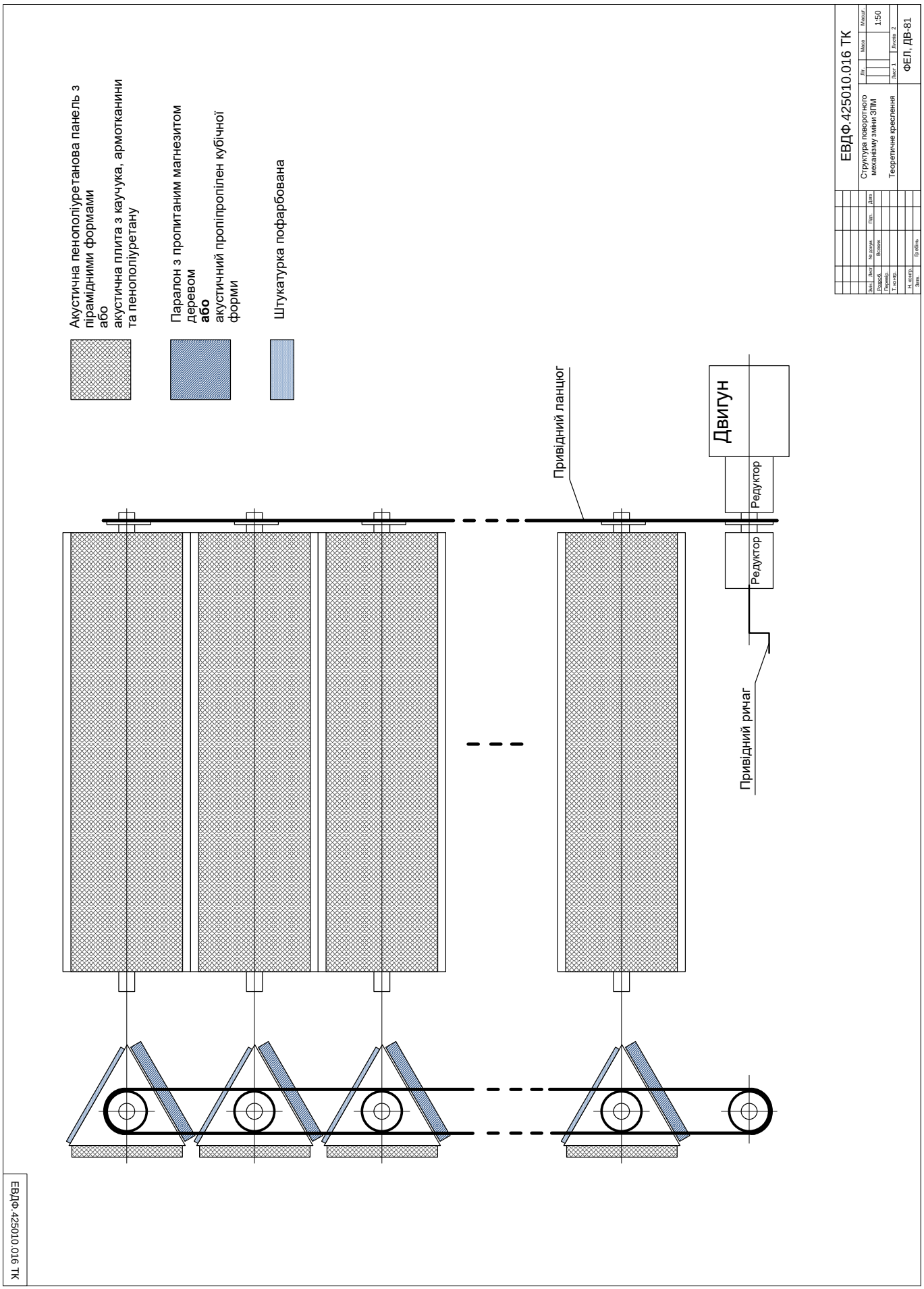
Змін.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ЕВДФ.425010.016 БК				
Розроб.		Всевич			План та розріз концертно-театральної зали		Літ.	Маса	Масшт. 1:50
Перевір.									
Т. контр.					Будівельне креслення		Лист 1	Листів 2	ФЕП, ДВ-81
Н. контр.									
Затв.		Гурбань							

ЕВДФ.425010.016 БК

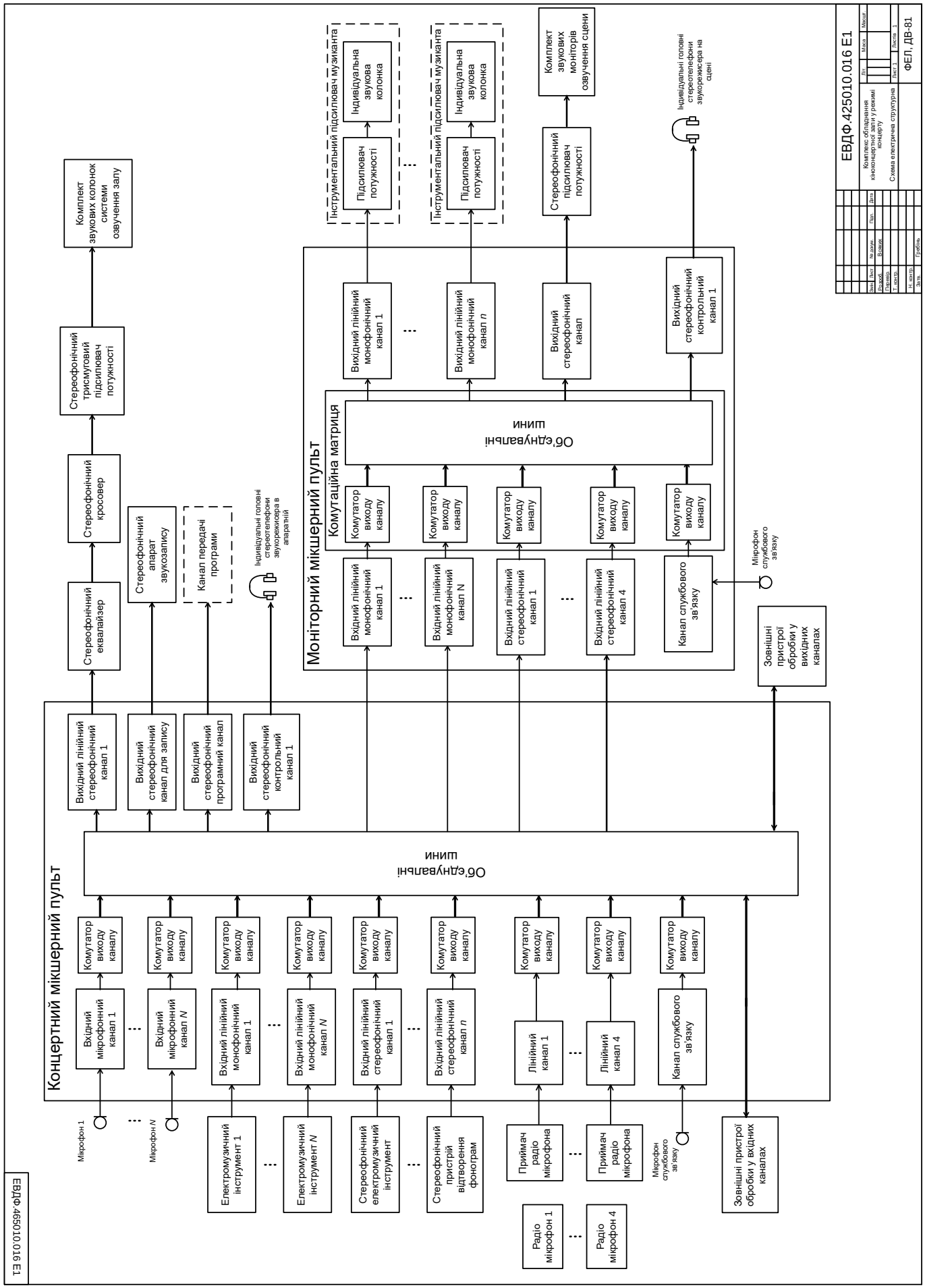
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕВДФ. 425010.016 ПЗ	Арк. 57



- ○ - мікрофони сцени;
- 1 - лінійний масив системи озвучення залу;
- 2 - індивідуальний комбінований підсилювач музиканта;
- 3 - звуковий монітор сцени ;
- 4 - концертний мікшерний пульт;
- 5 - моніторний мікшерний пульт;
- 6 - музичні інструменти;
- 7 - мікрофонно-телефонна гарнітура;
- 8 - комплект звукотехнічного обладнання комплексу;
- 9 - комплект обладнання для звукозапису концерту;
- 10 - комплект світлотехнічного обладнання залу;
- 11 - звукове обладнання сцени.



Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕВДФ. 425010.016 ПЗ	Арк. 59



Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕВДФ. 425010.016 ПЗ	Арк. 60

Додаток Б

SUMMARY

Literary sources, general concepts of theatrical performances and concert events and data on the required sound level for different genres of music (rock, classical, pop, blues,…) and for various venues and sound of music (theaters, restaurants, concert halls, etc).

Theatrical and concert facilities, their acoustic parameters and the dimensions required for construction are considered in the literature. The influence of reverberation time, sound reflection time and other aspects on the viewer's perception of music and voice is also considered.

The influence of technologies on performances of musical and singing character and their development and their modern analogues has been studied, as well as architectural types of theaters, their parameters, acoustic properties, etc. The dependence of the sound quality of the music and some parameters has been found, and the approximate optimal reverberation times for different types of performances have been found, but further calculation is needed for more accurate indicators.

The difference in acoustic parameters in different genres of music and types of places of sound is shown, such locations as restaurant, theater, concert hall, Khmer theater, and others are affected. Various genres of music such as pop, rock, opera, metal, acoustic performances, and others also took part in the study.

Next, research work was carried out on sound amplifiers, a scheme of general sound amplification of concert halls and theatrical performances was developed. All individual elements of this scheme, such as a mixing console, speakers, microphone, server, and others, were also recognized and painted.

The sound reflection of different surfaces at different slopes and coatings is considered, schematic images of the mechanisms of change of acoustic parameters, their acoustic parameters and graphs are made.

Calculations of acoustic conditions of the concert-theater hall were performed, separately for concert events and theatrical performances, ie reverberation time, hall size and other parameters for construction.

Додаток С

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

на тему: **«Камерна концертно-театральна зала зі змінними акустичними параметрами»**

					ЕВДФ. 425010.016 ТЗ			
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Всяких В.Є.			Камерна концертно-театральна зала зі змінними акустичними параметрами Технічне завдання	Літера	Арк.	Аркушів
Перевір.							1	4
Реценз.						ФЕЛ, гр. ДВ-81		
Н. контр.								
Затв.		Гребінь О.П.						

1 Найменування роботи

Камерна концертно-театральна зала зі змінними акустичними параметрами

2 Підстави для виконання

Робота проводиться на підставі наказу по університету на дипломне проектування, наказ №911-с від 06.06.2022 р.

3 Мета й актуальність роботи

Метою роботи є проектування камерної концертно-театральної зали зі змінними акустичними та охарактеризування концепції камерного театру і розробка практичної схеми обладнання і акустичного проектування зали.

Призначенням розробки є оволодіння методикою проектування акустичних умов приміщень і створення конструкторської документації для спеціалізованого приміщення для проведення різноманітних розважальних заходів.

Актуальність розробки обумовлена необхідність в бережливості до площі будівництва центрів культури, для використання одного залу для різних, по акустичним умовам, виставах і тощо.

Практичне значення розробки – робота виконується з розрахунком на практичне застосування та надає вказівки та приклад для розрахунку подібних проектів в майбутньому.

4 Основні технічні вимоги до розробки

4.1 Загальна характеристика

4.1.1 Концертно-театральна зала камерного типу, має необхідні умови для проведення музичних та співочих вистав, театрів, святкових заходів тощо.

4.1.2 Технічне та акустичне обладнання зали дозволяє змінювати акустичні параметри звукопоглинання та відбиття під конкретні цілі.

4.1.3 В роботі розглянути архітектуру приміщень та виконати розрахунок оптимальних акустичних умов.

4.1.4 При театральних виставах час реверберації забезпечити 1 с, при концертних виставах 1,4 с, це створюється за рахунок застосування не менше 5 додаткових звукопоглинальних матеріалів та конструкцій;

5 Вимоги до конструкції

Акустичні матеріали та устаткування театрального залу повинні легко монтуватись і, при необхідності, перевстановлюватись.

6 Вимоги до технологічності

Акустичні матеріали та устаткування камерного театру повинні бути виконані завдяки матеріалам широкого застосування і містити мінімум спеціалізованих елементів. Перевагу віддавати використанню недорогих, але достатньо ефективних матеріалам, можливо закордонного виробництва. Конструкція акустичних матеріалів повинна передбачати можливість багатократної заміни елементів і забезпечувати високу механічну міцність монтажу. Повинна бути передбачена можливість удосконалення акустичного переоблаштування.

7 Вимоги до рівня уніфікації

У комплексі акустичних матеріалів необхідно прагнути до максимального використання стандартних компонентів і уніфікованих виробів, а також запозичених складальних одиниць і деталей.

8 Вимоги до безпеки

Розроблене акустичне обладнання повинно відповідати вимогам ДСТ 12.2.006 і забезпечувати електробезпеку, пожежну безпеку і інші вимоги при монтажі, експлуатації, обслуговуванні і ремонті.

9 Економічні показники

Комплекс акустичного переоблаштування, що проектується, повинен бути ефективним з економічної точки зору. Схемні рішення повинні мати мінімальну

вартість реалізації.

10 Стадії і етапи розробки

Розробка проводиться в один етап.

11 Порядок приймання роботи

Робота приймається державною екзаменаційною комісією.