

**МІНІСТЕРСТВО КУЛЬТУРИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ КЕРІВНИХ КАДРІВ
КУЛЬТУРИ І МИСТЕЦТВ
Інститут сучасного мистецтва
Кафедра музичного продакшну**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

АКУСТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТУДІЇ ЗВУКОЗАПИСУ

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу групи МММ-23-22
спеціальності 025 «Музичне мистецтво»
освітньої програми «Звукорежисура»
Злобін Михайло Михайлович

Керівник:

кандидат мистецтвознавства
Серова Олена Юріївна

Рецензент:

доктор мистецтвознавства, професор
Зосім Ольга Леонідівна

Допустили до захисту
Протокол засідання кафедри № 4
від «15» листопада 2023 р.

В. о. завідувача кафедри музичного продакшну
Серова О. Ю. _____

Київ – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АКУСТИКИ ПРИМІЩЕНЬ	6
1.1. Теорія акустики в науково-історичній практиці.....	6
1.2. Об'єктивні параметри оцінки акустики приміщень.....	9
1.2.1. Статистична теорія оцінювання	10
1.2.2. Геометрична (променева) теорія оцінювання.....	14
1.2.3. Хвильова теорія оцінювання.....	17
1.3. Суб'єктивні критерії оцінки акустики приміщень.	19
РОЗДІЛ 2. ВИМОГИ ДО АКУСТИКИ ТА АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ СУЧАСНОЇ СТУДІЇ ЗВУКОЗАПИСУ	21
2.1. Студійний звукозапис: історичний аспект	21
2.2. Акустичні параметри студій звукозапису	26
2.3. Традиційні вимоги до студійного обладнання.....	38
РОЗДІЛ 3. ДІЯЛЬНІСТЬ СТУДІЇ ЗВУКОЗАПИСУ	45
3.1. Розрахунок акустичних показників студії звукозапису.....	45
3.2. Апаратний комплекс студії звукозапису	54
3.3. Творча діяльність звукорежисера в студійній практиці	60
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
ДОДАТКИ.....	86

ВСТУП

Актуальність дослідження акустичних властивостей студії звукозапису обумовлена зростанням важливості якості аудіоконтенту в різних галузях, таких як музика, кіно та ігри. Ефективне вирішення акустичних аспектів студії сприяє створенню високоякісних та конкурентоспроможних аудіотворів, відповідних вимогам сучасного ринку.

Дослідження і рекомендації даної дипломної роботи допоможуть невеликим студіям набути додаткові знання і навички, які підвищать їх конкурентоспроможність на ринку звукозаписної індустрії. У свою чергу, створення потужного, конкурентоспроможного середовища змусить національний аудіопродукт вийти на новий рівень, а також буде сприяти підвищенню культури споживачів та критеріїв оцінки аудіопродукції.

Мета дослідження: визначення особливостей новітніх технологій акустичного проектування студій звукозапису.

Для досягнення мети було необхідно виконати такі **завдання:**

1. Дослідити історію розвитку студій звукозапису, теоретичні основи акустики приміщень, в тому числі – теорію акустики в науковій літературі;
2. Описати облаштування студії звукозапису, означити традиційні вимоги до студійного обладнання відповідно до акустичних параметрів студійних приміщень;
3. Охарактеризувати особливості проектування студій звукозапису;
4. Проаналізувати технічне обладнання для проведення звукозапису;
5. Розглянути особливості творчої студійної діяльності звукорежисера.

Об’єкт дослідження – робота звукорежисера в студії звукозапису

Предмет дослідження – акустичні особливості студії звукозапису.

Методи дослідження: для досягнення поставлених завдань були застосовані такі методи дослідження:

- *джерелознавчий метод* – для аналізу наукових джерел з історії та теорії акустики студійних приміщень;
- *історичний метод* – для осмислення динаміки загальнокультурних процесів у звукозаписній індустрії;
- *системний метод* – для систематизації інформації щодо апаратного комплексу сучасної студії звукозапису;
- *практичний метод* – для здійснення розрахунку акустичних параметрів студії та звукозапису.

Теоретична та джерельна база дослідження: теоретичні та практичні роботи з теорії акустики таких дослідників, як А. Ананьєв, В. Кнудсен, Ф. Ньюелл, В. Т. Грінченко, В. С. Дідковський, М. Баррон, Н. Белявіна, Л. Рязанцев тощо, технічна документація до студійної апаратури, інтернет джерела.

Наукова новизна: в даній роботі вперше здійснено акустичні розрахунки студії звукозапису та доведено її відповідність вимогам архітектурної акустики відповідно до актуальних вимог сучасного українського ринку музичного продакшну.

Практичне значення акустичні розрахунки можуть бути використані при інженерно-технічному обладнанні приміщень студій звукозапису, а також в освітній діяльності при вивченні дисциплін «Звукорежисура» та в практичній діяльності звукорежисера.

Апробація результатів творчого проєкту: взято участь у VII Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених, аспірантів та магістрантів «Культура і мистецтво: сучасний науковий вимір» (02 листопада 2023 року, м. Київ, НАКККіМ, вул. Лаврська, 9)

Публікація: Злобін М. М. Студійний звукозапис: історичний аспект. *Культура і мистецтво: сучасний науковий вимір* : матеріали VII Всеукр. наук. конф. молод. вч., асп. та магістран. / М-во культ. України та інформ. політики ; Нац. акад. кер. кадрів культ. і мистец. ; Наук. тов. студ., асп., доктор. і молод. вч. (Київ, 02 листопада 2023 р.). Київ : НАКККіМ, 2023. С. 193-195

Структура роботи: робота складається зі вступу, трьох розділів, дев'яти підрозділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 78 сторінок, з них основного тексту – 70 сторінок.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АКУСТИКИ ПРИМІЩЕНЬ

1.1 Теорія акустики в науково-історичній практиці

Свій історичний розвиток архітектурна (будівельна) акустика здобула в давнину. Акустичні завдання у ті далекі часи вирішувалися у зв'язку з будівництвом гігантських, спочатку культових, а потім інших громадських споруд - залів для зборів і видовищ. Знання про акустику з Давніх Риму та Греції застосовувались при спорудженні культових будівель і раннього середньовіччя. Однак, у середньовіччі, на жаль, розвиток акустики як експериментальної частини фізики припинився. Вважалося, що експеримент не вартий уваги дослідника. Навіть в часи Леонардо да Вінчі (близько 1500 р. н. е.) користувалися уявленнями про акустику приміщень, запозиченими з античності.

Наприкінці середньовіччя, в епоху ренесансу, музика поступово переносилася з храмів до світських покоїв правлячих осіб. З'являлися придворні музиканти та композитори. Для їх гри використовувалися великі (і не тільки), зали палаців та замків. Це були попередники сучасних концертних та театральних залів. Але там збиралася лише вибрана публіка. Вистави для простого народу проходили просто неба на площах міст. Ці майданчики так само можна назвати прототипами сучасних концертних та театральних залів, оскільки за акустичною суттю відмінність їх від сучасних залів була лише у відсутності покрівлі. Чим меншим був розмір площі, тим акустичні умови більше нагадували сучасні зали для глядачів. Вистави так само можна було слухати через відкриті вікна кімнат у будинку чи на балконі, не виходячи з дому. Ці привілейовані місця були подібністю до сучасних лож і балконів. Залишалося тільки зробити дах над площею, спорудити постійну сцену,

передбачити фойє для глядачів і вийшла б будівля сучасного театру.

І такі театри вперше з'явилися в Італії у XVI- XVII століттях. Вони не були великими, тому що рівень будівельної техніки не дозволяв перекривати великі прольоти залів для глядачів без проміжних опор. Місткість таких залів рідко перевищувала 500 місць, зазвичай 250-400. Такі зали були практично у кожному італійському місті. Чимало їх збереглися донині і продовжують працювати.

Музичні постановки зі співом в Італії були дуже популярними. Так поступово виник жанр опери, який зажадав будівництва спеціальних оперних театрів. В другій половині XVIII століття, в Мілані був побудований знаменитий театр Ла Скала, а в Неаполі – Сан Карло. Ці театри досі задають тон у театральному світі та відомі своєю акустикою.

У XVIII і на початку IX стали активно приділяти увагу будівництву концертних і театральних залів. Оскільки вони вирізнялися геометричною формою і продуманим розміщенням звукопоглинальних матеріалів, це надавало хороші умови для слухачів і виконавців - співаків, музикантів.

У IX столітті з не цілком чітких уявлень античного світу стали вимальовуватися точні знання. Л. Ейлер, Ж. Лагранж, Ж. Фур'є, Дж. Стокс, Т. Юнг, Г. Гельмгольц, Дж. Стретт (або лорд Рейлі) створили акустику як науку. Наприкінці IX і на початку XX століття У. Себін виконав експерименти, що поклали початок теорії архітектурної акустики, виявив кількісні зв'язки між геометричними параметрами приміщень та їхніми акустичними характеристиками.

Г. Ейрінг, Ф. Ватсон, Ф. Хант, Л. Беранек, В. Кнудсен, М. Маєр – усі ці дослідники створили теоретичні основи сучасної науки про акустику приміщень. Помітний внесок в архітектурну акустику зробили також їх учні: О.М. Качерович, І. І. Андрєєв, М. А. Сапожков, І. Г. Дрейзен, С. Я. Ліфшиц, А. В. Рабинович, С. М. Ржевкін, В.В. Фурдуєв та інші [1,4, 7].

Наразі не існує однозначної теорії, яка б вичерпно пояснювала всі аспекти акустичних процесів у приміщеннях та надавала універсальний підхід

для вирішення завдань оптимізації для різних типів просторів. Крім того, ці завдання включають аспекти психофізіології та естетичної оцінки звучання, що залежать від індивідуальних уподобань слухачів, музикантів і акторів.

Початок розвитку акустики в Україні можна пов'язати з ім'ям видатного вченого-фізика М. О. Умова (1846-1915), який у 1911 році залишив Московський університет і переїхав до Одеси. Великим вкладом у науку з'явилися його роботи про коливання в суцільних середовищах з постійною пружністю, про термомеханічні явища в твердих пружних тілах та ін. Його ім'я назавжди залишиться в історії акустики у зв'язку з введенням їм поняття потоку енергії в хвильовому обуренні, що поширюється.

Безперечно, віхою в розвитку акустики стала поява звукового кіно і пов'язане з цим створення в 1930 році Київського інституту кінематографії, який в 1935 році був перейменований в Київський інститут кіноінженерів. У цьому інституті в 1936 році була утворена «Кафедра акустики та радіотехніки». Ця кафедра відіграла помітну роль у розвитку акустики в Україні. Засновником та першим завідувачем кафедри (1936-1938 рр.) був видатний учений Л. Д. Розенберг, який прийшов до інституту з Київської кіностудії. Наукові дослідження Л. Д. Розенберга в галузі акустики та розроблена ним теорія сумарної реверберації (реверберація при записі фонограм у студіях плюс реверберація при відтворенні у приміщенні) здобули широке визнання, що посприяло запрошенню до колективу акустиків для будівництва Палацу Рад. Саме цей колектив був ядром Акустичного інституту АН СРСР (АКІН) при його створенні у 1954 році. Після від'їзду Л. Д. Розенберга створений ним колектив протягом 40 років очолював М. І. Карновський - доктор технічних наук, професор, один із засновників електроакустичного факультету КПІ. З 1987 р. очолював д.т.н., проф. Віталій Семенович Дідковський. В. С. Дідковський активно досліджував акустичні проблеми, опублікувавши більше 350 наукових праць та засновавши кафедру аудіо, відео та кілотехніки в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут». З 1996 року його колектив провів

понад 40 акустичних проектів для важливих об'єктів, включаючи приміщення Кабінету Міністрів України.

Попри велику кількість досліджень в Україні, відсутність єдиної теорії для повного розуміння акустичних процесів в приміщеннях. Значний внесок також внесено професором А. В. Кортневим в розвиток акустичних досліджень в Одеському політехнічному інституті. Акустичні дослідження в Україні вирішують прикладні завдання, такі як розробка медичних приладів та технологій неруйнівного контролю [45].

1.2. Об'єктивні параметри оцінки акустики приміщень

До В. Себіна основний акцент в акустиці приміщень був зроблений на аналізі «шляхів поширення потоків звукової енергії в приміщенні - як прямого, так і відбитого від перешкод» [7]. Ця геометрична (променева) теорія є найдавнішою і залишається актуальною в сучасності, особливо під час розробки приміщень великої місткості. Вона отримала подальший розвиток у наукових працях І. Г. Дрейзена, А.Н. Качеровича, Л. Контюрі, С.Я. Ліфшиця, Е. Скучика та інших.

В. Себін впровадив статистичну теорію, яка пояснює, що після вимкнення джерела звуку акустичні процеси в приміщенні виникають через запізнювання багаторазово відбитих хвиль і поступового їхнього ослаблення внаслідок поглинання енергії хвиль перешкодами. Цей процес виникає від енергії, переданої приміщенню джерелом звуку.

Теорія В. Себіна, не зважаючи на практичні досягнення, отримала критику. У 1929 році А. Шустер і Е. Ветцман відкинули статистичну теорію, вважаючи, що гасіння після вимкнення джерела звуку відбувається не через вимушені коливання, а через загасання власних (резонансних) коливань приміщення, порушених джерелом звуку з частотами, визначеними формою і розмірами приміщення. Ця теорія, відома як хвильова, була подальше

розвинута Р. Болтом, Ф. Морзом, Й. Г. Дрейзенем та іншими. Важливо відзначити, що Дж. Стретт вже на той час вважав за можливе застосовувати аналіз акустики приміщень з позицій хвильової теорії, вказавши на математичне розв'язання Ж. Дюамеля. [5,7,27,28,29]

Розглянемо основні положення трьох наявних теорій - статистичної, геометричної та хвильової. [1]

1.1.1. Статистична теорія оцінювання.

Акустика великих закритих приміщень ще з давніх-давен ставить завдання, пов'язані з визначенням умов гарної чутності, проте тільки на початку 20 століття ці завдання почали успішно вирішуватися, коли У. Себін експериментально встановив один з найважливіших факторів, що визначають акустичну якість аудиторії. Перші практичні успіхи зумовили розвиток акустики закритих приміщень, тому доцільно заздалегідь викласти деякі пункти, що визначають завдання і метод архітектурної акустики в період її перших практичних успіхів.

Кожен склад промови, що звучить в аудиторії, є коротким звуковим імпульсом, який доходить до слухача не тільки прямою лінією, а й шляхами, багаторазово викривленими через відображення звуку від стін, стелі та підлоги приміщення. Під час кожного відображення звукового імпульсу від обмежувальних поверхонь приміщення деяка частина звукової енергії поглинається; тому вухо слухача сприймає низку імпульсів під час кожного вимовленого складу з інтенсивністю, яка поступово зменшується. Інтервали часу, що відокремлюють один від одного елементи такої низки, досить малі порівняно з тривалістю імпульсу, тому це явище не має характеру еха. Не розрізняючи окремих членів серії імпульсів, що затихають, слухач сприймає кожний новий склад мови на злитому фоні ряду попередніх складів, які ще не встигли відзвучати до моменту проголошення чергового складу. Усе сказане

зберігає своє значення і в застосуванні до приміщень, призначених для прослуховування музики. Зрозуміло, що в разі затягнутого відзвуку фон, який утворюється під час суперпозиції низки імпульсів, що повільно затухають, порушує нормальне сприйняття музики тим сильніше, чим швидший темп музичного твору. На прикладі музики легко усвідомити собі й інший бік справи: акустичним дефектом приміщення може з'явитися не тільки надмірна тривалість відзвуку, а також і недостатня його тривалість. З цих міркувань випливає, що основним фактором, який визначає акустичну якість приміщень, є тривалість процесів відзвуку або, як інакше кажуть, тривалість реверберації. Термін «реверберація» був запропонований У. Себіном, що в перекладі означає «післязвучання», «відображення», «відзвук». У Німеччині для позначення цього процесу використовується слово Nachhall, у перекладі українською - «відзвук», «відгомін», «відгук».

Під цим терміном мається на увазі залишкове звучання в приміщенні після припинення дії джерела звуку. Як показує досвід, тривалість реверберації має лежати в деякій області оптимальних значень, за межами якої приміщення виявляється акустично неповноцінним або дефектним.

Значення, яке приписують тривалості реверберації як критерію акустичної оцінки аудиторій, пояснює ту обставину, що теоретичні інтереси архітектурної акустики спрямовано насамперед на дослідження нестационарних акустичних процесів, до числа яких належить відзвук. Проблема ж стаціонарного режиму має в акустиці приміщень другорядне значення.

Якщо тепер ми спробуємо уявити собі характер завдання, що постає перед нами під час дослідження звукового поля в закритому приміщенні, і притому незалежно від того, йдеться про стаціонарний чи про нестационарний режим, то з очевидністю з'ясовується і той метод дослідження, дотримуючись якого, ми можемо розраховувати на отримання практично придатних результатів. Справді, через кожен точку в об'ємі приміщення (якщо поглинання звуку не надто велике) одночасно проходить дуже велика

кількість відображених хвиль, що рухаються за всілякими напрямками. Звуковий тиск і вектор коливальної швидкості в кожній точці формуються через інтерференцію всіх хвиль. Уявімо, що цей результат потрібно обчислити для будь-якої точки у приміщенні та для будь-якої частоти в межах основної частини діапазону чутності. Це вже саме завдання вказує на складність динамічного дослідження. З урахуванням великої кількості інтерферуючих хвиль у деяких випадках можливе статистичне трактування завдання за допомогою математичної теорії ймовірностей, аналогічно використовуваній у молекулярній фізиці для аналізу великої кількості молекул, які беруть участь у процесах.

Архітектурно-акустична теорія від часу В. Себіна стала на шлях статистичного опису звукових полів, оперуючи із середніми значеннями щільності звукової енергії в приміщенні та не претендуючи на визначення тисків і коливальних швидкостей в окремих його точках. Припускаючи, що амплітуди і фази хвиль, що накладаються одна на одну, розподілені більш-менш хаотично, ми можемо розглядати ці хвилі як некогерентні і вважати, що щільність енергії в кожній точці приміщення є сумою щільностей енергії, пов'язаної з кожною з цих хвиль. Якщо хвильовий рух у приміщенні справді має такий неупорядкований (або, як кажуть, ергодичний) характер без наявності переважних напрямків коливального руху та симетрії в розподілі амплітуд, то статистичні методи дослідження цілком законні й призводять до важливих практичних результатів.

Отже, з попереднього випливає, що, використовуючи статистичну теорію, ми робимо три припущення, інакше кажучи, приймаємо три умови.

Перша умова полягає в застосуванні методу енергетичного сумування. Розглядаючи частину простору, обмеженого з усіх боків поверхнями, здатними відобразити звук, статистична теорія припускає величину звукової енергії в будь-якій точці простору як результат сумування середніх значень енергії, принесених у дану точку всіма відображеннями.

Друга умова полягає в припущенні рівномірного розподілу об'ємної

плотності звукової енергії всередині об'єму приміщення. Для задоволення цієї умови розглядається приміщення, яке іноді називають ідеальним. Таке приміщення має досить великі розміри порівняно з довжиною хвилі. Усі поверхні, що обмежують приміщення, мають здатність добре відображати енергію; це означає, що, падаючи на будь-яку поверхню, звукова хвиля відобразиться в приміщенні з незначними втратами, тобто інтенсивність відображеної хвилі не надто відрізнятиметься від інтенсивності хвилі, що падає.

Третя умова полягає в рівноймовірності кутів падіння звукової енергії, тобто передбачається, що рівномірний розподіл плотності звукової енергії зумовлюється приходом звукових хвиль із будь-якого напрямку.

Незважаючи на зовнішню схожість цієї умови з попередньою, її слід виділити, оскільки в практичних умовах можуть трапитися випадки, коли рівномірність розподілу густини енергії досягається завдяки приходу звуку переважно з одного напрямку.

Під час використання статистичної теорії реверберації користуються наступними поняттями та величинами:

- дифузне поле;
- середня довжина вільного пробігу;
- середній час вільного пробігу;
- середній коефіцієнт поглинання;
- час реверберації;
- час запізнювання перших (ранніх) відображень;
- чіткість і прозорість;
- акустичне відношення;
- радіус гучності.

1.1.2 Геометрична (променева) теорія оцінювання

Як ми вже згадували вище, статистичний метод розрахунку звукового поля може бути застосовано в тих випадках, коли припускається, що енергія розподілена рівномірно в усьому об'ємі приміщення та що процес наростання й загасання звуку в приміщенні відбувається безперервно або у вигляді великої кількості малих стрибків енергії. Користуючись наведеною теорією, ми можемо оцінити один з основних критеріїв якості звучання в приміщенні - криву спадання звуку або час реверберації.

Однак у існуючих приміщеннях (театри, концертні зали тощо) часто доводиться зустрічатися з акустичними явищами, які не можуть бути визначені методами статистичної акустики. До таких належать: явище ехо, фокусування звуку тощо.

Визначення цих явищ здійснюється зазвичай аналізом ходу звукових променів, що відображуються від поверхонь різної форми і розглядом послідовності в часі окремих відображень.

Таким чином, у тих випадках, коли середня довжина шляху звукової хвилі в приміщенні досить велика, тобто коли кількість відображень на секунду мала, а отже, аналіз звукового поля зводиться до вивчення лише перших або окремих відображень, розгляд звукового поля переноситься на так званий променевий ескіз (променеграму). Для цього на плані (горизонтальному розрізі) приміщення або на його вертикальному розрізі наносять хід звукових променів від джерела до поверхонь, які нас цікавлять, а потім, користуючись законами відображення звуку (кут падіння дорівнює куту відображення), будують картину звукових променів, які відповідають різним відображенням. Так виходить загальна картина розподілу (концентрації або розрідження) звукових променів в окремих точках приміщення. Знаючи форму поверхонь і швидкість поширення звуку, можна обчислити запізнювання одного звукового променю по відношенню до іншого.

Цей спосіб вивчення звукових процесів широко застосовується в

проектуванні акустики приміщень і отримав назву геометричної акустики. Геометрична акустика на певних етапах проектування і розгляду звукових процесів у приміщенні має безсумнівні переваги. Вона дає можливість передбачити ще в проекті виникнення низки грубих акустичних дефектів, як, наприклад, явища ехо, фокусування звуку тощо. Виникнення цих явищ у принципі може бути визначено двома шляхами: по-перше, розрахунковим шляхом у проекті за допомогою геометричної акустики, і, по-друге, спостереженням за звуковим процесом на моделях приміщення.

Застосовуючи правила геометричної акустики, можна в променевому ескізі дослідити вплив складних форм в інтер'єрі приміщення на явище концентрації звуку і запізнювання одного відображення відносно іншого, що викликає явище ехо.

Властивості відображення звуку залежать від форми поверхні, яка його відбиває. У випадку відображення від плоскої поверхні виникає уявне джерело I^* , яке відчувається слухом аналогічно тому, як за допомогою очей ми спостерігаємо уявне джерело світла в дзеркалі. Відображення від увігнутої поверхні може спричинити фокусування звуку в точці I^* . При взаємодії з випуклими поверхнями, такими як колони, пілястри, великі ліпні прикраси та люстри, звук розсіюється.

Застосування методів геометричної акустики дало змогу виробити загальні рекомендації для вибору форми і розмірів приміщення. В основу вибору конфігурації приміщення мають бути покладені такі вимоги:

Сила звуку і відповідно рівень гучності мають бути однаковими на всій площі, зайнятій слухачами аудиторії або глядачами театру. Звукове поле в приміщенні має бути такою мірою дифузним, щоб забезпечити найбільшу чіткість і розбірливість звуку, головним чином мови.

Мають бути усунуті ехо-ефекти, тобто уповільнені відбиття великої інтенсивності, що запізнюються, на всіх місцях залу.

Зазначені вимоги можуть бути виконані при дотриманні таких умов:

- Важливо, щоб відстань між слухачем та джерелом звуку була

якнайменшою.

- При проектуванні аудиторій важливо враховувати форму плану так, щоб вона відображала спрямованість джерела звуку. Особливо важливо, щоб кут між променями, які йдуть від джерела до крайніх передніх місць партеру, був якнайменшим і, в будь-якому випадку, не перевищував 90° .
- Поверхні, що відображають, розташовані поблизу джерела, повинні посилати максимум звукової енергії в зал.
- У приміщенні, яке має вирізнитися хорошими акустичними характеристиками, слід уникати увігнутих і сводчастих поверхонь, оскільки наявність таких форм пов'язана з небезпекою виникнення фокусів - місць концентрації звукової енергії.
- При паралельних стінах квадратного залу спостерігається виродження спектра власних частот і, так зване, «пурхаюче» ехо, яке посилюється зі збільшенням розмірів приміщення.

Під час вибору оптимальних розмірів залу слід приділяти велику увагу вибору висоти приміщення і форми стелі. Висота стелі має настільки велике значення для акустики приміщення, що на цьому питанні слід зупинитися особливо. Погана акустика, властива багатьом великим залам, часто пояснюється надто високими стелями або їхньою невдалою формою.

З акустичної точки зору основне призначення стелі - забезпечити корисні відображення звукових хвиль. Завдання полягає в тому, щоб насамперед забезпечити відображеним звуком останні ряди, на яких рівень сили прямого звуку менший, ніж на передніх і середніх. Рівень звуку на віддалених місцях буде значно нижчим, ніж це можна було очікувати, якщо виходити тільки із загасання звуку на відстані. Причина сильного загасання полягає в поглинанні звуку вздовж площі підлоги, зайнятої слухачами. Втрата рівня, спричинена поглинанням, може бути компенсована відображеним звуком, однак при цьому необхідно враховувати, що відображена хвиля надходить до місця прийому із запізненням.

1.1.3 Хвильова теорія оцінювання.

У статистичній теорії відзвук розглядається як загасання подальшої низки відбитих звукових імпульсів, випромінених джерелом звуку. Мається на увазі, що форма імпульсів, отже, і їхній спектр, задані джерелом звуку, під час відображень залишаються незмінними. Таке уявлення викликає сумнів принципового характеру: адже замкнутий повітряний об'єм приміщення, якщо його розміри сумірні з довжиною хвилі або більші за неї, слід розглядати як коливальну систему з розподіленими параметрами, що має спектр власних (резонансних) частот. Після припинення дії джерела звуку, яке викликало вимушені коливання повітря в приміщенні, система досвіджує лише власні коливання, що поступово згасають через поглинання енергії. Реверберація не включає залишкових коливальних процесів, які були ініційовані зовнішньою силою; вона представляє собою загасання власних коливань повітряного об'єму з частотами, залежними від розмірів і форми приміщення.

Отже, сутність реверберації полягає не в багаторазових відображеннях, а в поступовому загасанні власних коливань об'ємного резонатора, які згасають незалежно від зовнішніх впливів. Такий підхід лежить в основі хвильової теорії акустичних процесів у приміщенні.

Акустику приміщень з позиції хвильових, коливальних процесів аналізували Дж. В. Стретт (лорд Рейлі), Ф. Бейль, Р. Курант, А. Шустер і Е. Ветцман, В. Кнудсен, Ф. Морз і Р. Болт та інші.

Зауважимо, що хвильову теорію реверберації почали розробляти ще в середині минулого століття, значно раніше за статистичну. Однак, у її розробці просунулися менше, ніж у статистичній.

Ідеї, покладені в основу хвильової теорії, були вперше висловлені лордом Рейлі. В «Основах акустики», виданих уперше в 1877 р. автор наводить необхідний апарат математичних обчислень з посиланням на розв'язання хвильового рівняння для тривимірного простору, яку було наведене Ж. Дюамелем у математичному журналі «Liouville Journal Math.», том XIV,

1849. Ж. Дюамель вивів вираз для власного періоду об'ємного резонатора у формі прямокутного паралелепіпеда, в якому довжина хвилі:

$$\lambda = \frac{c_0}{f_0} = 2 \sqrt{\left(\frac{p}{l}\right)^2 + \left(\frac{q}{b}\right)^2 + \left(\frac{n}{h}\right)^2} \quad 1.1$$

Звідси

$$f_0 = \frac{c_0}{\lambda} = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left(\frac{p}{l}\right)^2 + \left(\frac{q}{b}\right)^2 + \left(\frac{n}{h}\right)^2} \quad 1.2$$

У наведених виразах l , b , h — лінійні розміри, p , q , n — будь-які цілі числа. Залежно від значень коефіцієнтів p , q , n прийнято таку класифікацію утворюваних типів хвиль, що стоять:

- осьові, коли два з трьох даних коефіцієнтів рівні 0;
- дотичні, коли один із даних коефіцієнтів рівен 0;
- косі, коли жоден із даних коефіцієнтів не рівен 0.

Осьові хвилі відбиваються від однієї пари паралельних стін, дотичні - від двох пар стін, паралельних третій парі, а косі - від усіх пар. Коефіцієнти поглинання залежать від кута падіння хвилі. Різні типи хвиль гасяться нерегулярно, створюючи неоднаковий спад інтенсивності. Навіть при близьких частотах різні власні коливання гасяться з різною швидкістю, роблячи спад інтенсивності менше регулярним, а статистична теорія видається більш адекватною для опису цього процесу. Все ще важливо враховувати форму приміщення: прості форми менше відповідають умовам дифузії поля, ніж складні з непаралельними стінами, косими площинами і заглибленнями.

Зрозуміло, лінійні розміри цих поверхонь мають бути сумірними з довжиною хвилі або бути більшими за неї.[4,7,11,13]

1.2 Суб'єктивні критерії оцінки акустики приміщень.

Оскільки завдання розшифрування «слухового образу» залишається нерозв'язаним, оцінка якості звучання в різних залах в основному ґрунтується на суб'єктивних враженнях. Протягом останніх років було вкладено значні зусилля в пошук зв'язку між об'єктивно вимірюваними параметрами звукового поля в приміщеннях і суб'єктивною оцінкою їхньої якості звучання.

Суб'єктивна оцінка значно залежить від аудиторії: їх загальної та музичної освіти, соціальної приналежності, професії, смаків і звичок, а також фізичного та психічного стану.

А. Ананьєв виділяє три методи оцінки суб'єктивних акустичних критеріїв якості звучання: «1) метод безпосереднього прослуховування оркестру та виконавців у випробуваних залах досвідченими експертами, з наступною статистичною обробкою їхніх оцінок; 2) прослуховування стереофонічних записів, зроблених у випробуваному залі на "штучній голові" для подальшого прослуховування через головні телефони; 3) прослуховування в штучно створених умовах, таких як синтезоване звукове поле в заглушеній камері з розподіленою системою гучномовців» [4].

Метод безпосереднього прослуховування. Цей метод дає можливість оцінити повну і реальну картину звукового поля. Однак він не дає змоги швидко змінювати звукові обставини, досліджувати вплив окремих параметрів і викликає великі організаційні труднощі. Крім того, за такого методу оцінки позначається низка побічних факторів, що впливають на суб'єктивну оцінку, - манера виконання, освітлення, вигляд інтер'єру, температура повітря тощо.

Метод стереофонічного порівняння почав розвиватися в 1970-х роках внаслідок поліпшення технічних можливостей бінауральної стереофонії. К. Зібарс, М. Шредер і Д. Готтлоб провели експерименти у 25 німецьких залах, використовуючи два ненаправлені гучномовці для відтворення музичних уривків, записаних у заглушеному приміщенні. Записи прослуховувалися

експертами через два гучномовці в заглушеному приміщенні для уникнення вторинних відображень. Експерти вибирали один із двох звукових зразків або вказували на відсутність вираженої переваги.

Результати порівнянь експертів аналізувалися в контексті об'єктивних параметрів досліджуваних залів. Визначено, що важливими факторами оцінки акустичного простору є відношення рівнів звукового тиску у перших 50 мс до повного звукового тиску, кореляція сигналів лівого і правого вуха, рівень гучності, живість, відмінність, різниця між звуковими сигналами на двох вухах і тембр.

Інший метод використовує штучно створені умови, де «звукове поле синтезується в заглушеній камері розподіленою системою гучномовців» [4]. Цей підхід «дозволяє легко змінювати параметри звукового поля, такі як рівні прямого і відображеного звуків, напрямок приходу ранніх відображень, реверберацію і частотну корекцію, але він має недоліки, такі як трудомісткість та спрощеність картини звукового поля через обмежену кількість джерел» [4].

РОЗДІЛ 2

СТУДІЙНИЙ ЗВУКОЗАПИС - ВИМОГИ ДО АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ СУЧАСНОЇ СТУДІЇ ЗВУКОЗАПИСУ

2.1 Студійний звукозапис: історичний аспект

Історія запису звуку почалася дуже давно. Спроби створення апаратів, які могли б відтворювати звуки, робилися ще в IV столітті до н.е., у Стародавній Греції. Поступово технології вдосконалювалися, з'являлися нові ідеї та теорії, розроблялися дедалі складніші механізми, що давали змогу прослуховувати записані мелодії. Цей процес вдосконалення почався з появи нотного письма.

І тільки в XIX столітті було винайдено звукозапис. Процес розвитку в галузі запису і відтворення звуку помітно прискорився. Перші апарати для запису і відтворення звуку були винайдені в другій половині XIX століття. Для запису на циліндри використовували віск, на якому голкою вирізали звукову канавку. З'являються перші фірми грамзапису, які записують військові марші, популярні пісні, етнічні мелодії та різні урочисті промови.

В наступному етапі еволюції звукозапису ключову роль відіграв грамофон. «На початку XX століття платівка стала основним носієм звукового матеріалу. Поява цього більш універсального засобу значно розширила можливості поширення музики. Розвиток техніки викликав створення перших студій звукозапису, що призвело до активного поширення звукозапису в 1920-х роках, особливо в контексті розвитку театру та кіно». [6]

З 1930-ті роки почалася масова індустріалізація виробництва грамофонних платівок і грамофонів. Відкривалися нові заводи, на яких масово випускали записи музики, а також важливі історичні та культурні записи.

Історія розвитку магнітного звукозапису майже весь час йшла

паралельно механічним методам запису, але залишалася у тіні до 1932 року.

Ще наприкінці XIX століття натхненний винаходом Едісона американський інженер Оберлін Сміт зайнявся вивченням питання звукозапису. В 1888 році виходить стаття, присвячена використанню явища магнетизму при звукозаписі. Датський інженер В. Поульсен, після десяти років експериментів у 1898 році отримує патент на використання сталевого дроту як звуконосій. Так з'являється перший пристрій звукозапису, в основі якого лежав принцип магнетизму – телеграфон. В 1924 винахідник Курт Штілле вдосконалює дітище Поульсена і створює перший диктофон на основі магнітної стрічки. У подальшу еволюцію магнітного запису втручається компанія AEG, що випустила в середині 1932 прилад магнітофон-K1.[14,41]

У перші десятиліття історії звукозапису через дуже низьку якість запису, звукорежисери фокусувалися на простих завданнях, таких як забезпечення прийняттого музичного балансу та технічної якості фонограми (шуми, спотворення). Однак із появою стандартів стерео та HI-FI в 1960-х роках та винаходом багатодоріжкових магнітофонів звукорежисерам отримали можливість редагувати звучання вже після запису, розміщувати кожен інструмент у стереобазі та виконувати інші корекції.

1960–1969 роки відзначилися як період перших дослідів у сфері звукозапису, зокрема в стереоформаті. Це був час інтенсивних музичних експериментів, що легли в основу сучасних технологій звукозапису. Методи запису музики в цей період пройшли значні трансформації, зокрема від монофонічного до багатоканального формату. У студіях з'являлися аналогові 4-х доріжкові машини, і призначалися вони для роботи на стрічці в 2 дюйми.

Говорячи про технології запису, звукозаписні компанії мали суворі принципи процесу запису. У тогочасних студіях часу використовувався послідовний запис із накладенням. Незважаючи на це, багато музикантів почали залишати свій слід у своєму унікальному звучанні, стилях. На доказ цього звернемося до творчості легендарного гурту «The Beatles». У своїй творчості вони сприяли розробці нових методів запису з метою, щоб

залишатися попереду інших виконавців. Так, наприклад, в 1965 році британський продюсер Д. Мартін під час роботи з групою «The Beatles» при записі застосовував пару магнітофонів Studer J37s, і таким чином він збільшив кількість доріжок і вже редагував записаний матеріал. Швидко розвиваються і звукові ефекти, такі як хорус (chorus), дилей (delay). Незабаром з'являється інтерес до стереозапису.

У 1970-1979 роках завдяки появі 16-канальних рекордерів відбулися важливі зміни в багатоканальному записі. Тепер звукорежисери мали можливість призначати кожному джерелу звуку окремий трек. Цей метод запису давав можливість звукорежисеру під час мікшування регулювати рівні окремих каналів, коригувати частотні характеристики та використовувати різні ефекти. Така технологія стала стандартом у професійних студіях.

Послідовний запис із накладенням залишався основним. Важливим недоліком послідовного накладення було те, що при кожному наступному записі стрічка зношувалась. Крім того, існувала проблема - при зведенні та записі на стрічку шуми всіх доріжок підсумовувалися, і в зведеній фонограмі їхній рівень ставав неприйнятним. Тому як обов'язковий захід використовувалися окремі компандерні системи шумоподавлення, такі як Telcom або Dolby-SR. З поступовим розвитком техніки кількість доріжок збільшувалась. Вже в 1974 році нововведенням в мистецтво став перший 24-доріжковий магнітофон. Популярні були магнітофони з 8, 16 і 24 доріжками від фірм Studer, Telefunken у професійних студіях. Незважаючи на збільшення кількості доріжок, багато звукорежисерів вважали, що 16-канальні рекордери мають кращий звук. Протягом цього десятиліття досвідчені інженери вивчили, як створювати чисті записи з відмінним стереоізоображенням і розширеним частотним діапазоном. Завдяки численним експериментам багатодоріжковий запис активно вдосконалювався.

У період з 1980 по 1989 роки відбувся перехід від аналогового звукозапису до цифрового, що призвело до виникнення нових підходів у розробці апаратури. Цифрові магнітофони почали з'являтися, маючи на меті

покращення якості звучання фонограм. Навіть при попередніх спробах використання техніки дискретних сигналів для обробки і передачі звуку, до 1980-х років ці спроби не виявилися дуже успішними. Цифрові магнітофони, зокрема касетні у форматі DAT (Digital Audio Tape), стали популярними в студіях звукозапису, забезпечуючи високу якість звучання. Цифровий запис мав численні переваги, зокрема, низьку вартість цифрових носіїв та збереження якості звучання незалежно від кількості копій. Це відкрило нові можливості для вдосконалення обробки сигналів та запису. Значна увага також була приділена розвитку драм-машин, які грали важливу роль у формуванні звуку 80-х років. Інструменти, такі як Roland TR-808 та Linn LM-1, внесли вагомий внесок у створення ритмів і вплинули на різноманітні музичні стилі, зокрема електронну музику та хіп-хоп.

Десятиліття з 1990 до 1999 пройшло шлях від простих секвенсорів до повномасштабних професійних інструментів. У початку 90-х років технології в звукозаписних студіях стали розвиватися, переходячи від апаратних засобів до комп'ютерних. MIDI секвенсори стали основою для багатьох записів, оскільки комп'ютери ще тільки починали використовуватися в студійному середовищі. Поява першого цифрового синтезатора Korg M1 у 1988 році визначила народження звукових робочих станцій або DAW. З'явилися такі DAW, як Cubase та Notator (пізніше Logic), а також був представлений ProTools. У цей період багато нових жанрів електронної музики, таких як техно та хаус, набували популярності.

У 1990-ті роки активно розвивається програмне забезпечення. Вже в 1996 році був створений формат VST плагіна. З їхньою допомогою можна було змінювати навіть найдрібніші деталі в звуковій тканині. У другій половині цього десятиліття активно розвивався запис на жорсткий диск, який незабаром досяг досконалості завдяки потужнішим комп'ютерам і DAW, таким як Pro Tools. Змінилось і звучання музики. Протягом 90-х років йшла тенденція на потужну компресію та жорстке лімітування звуку, завдяки чому продюсери вимагали конкурентоспроможності фонограми. Завдяки появі DAW

програмного забезпечення для звукорежисерів відкривалися нові можливості формування звучання і ці нововведення продовжували розвиватися також протягом наступного десятиліття.

2000-2010 роки - епоха програмного забезпечення, десятиліття, в якому практично все стало можливим. У ці роки все більшої популярності завоюють комп'ютери. Удосконалюються можливості програм ProTools, FLStudio, Cubase, Reason, Sonar, Logic, Live та іншого програмного забезпечення. Такі зміни дозволили відійти від великого та дорогого студійного обладнання.

Звукорежисери тепер використовували програмне забезпечення для проведення редагування та управління аудіозаписами. Ця технологія, хоч і ще відносно нова, ставала надзвичайно популярною. Вона забезпечувала зручний перенос сесій між комп'ютерами і можливість одночасного ведення декількох проектів. Тепер створення музики у цифровому форматі стало можливим виключно за допомогою комп'ютера.

Незважаючи на стрімкий розвиток програмного забезпечення та цифрового запису в цілому, існували висловлювання з приводу того, що втрачається «душа» музики при користуванні програмним забезпеченням. Дані думки існують і зараз. Часто висловлюється думка, що аудіозапис, створений за допомогою програмного забезпечення, може мати різний характер звучання: від чистого і стерильного до відчуття старовинності і душевності. Все залежить від поставленої мети.

І все-таки, «незважаючи на різні переконання, звук 2000-х років був звуком програмного забезпечення для багатьох людей. Звичайно, за п'ятдесят років відбувся великий технічний прогрес у сфері звукозапису. Змінилося й саме звучання музики. Звукорежисери «позбулися шумів і навчилися створювати кришталево чисті записи» [30,35,39].

Ці нові технології помітно змінили індустрію звукозапису у світі, відповідно й вимоги, що висуваються до сучасних студій, студії запису невпинно зростають; вдосконалюється апаратний і мікрофонний парк,

змінюються структурні та технологічні схеми комутації, розробляються нові акустичні матеріали для звукоізоляції та корекції внутрішньої акустики.

2.2 Акустичні параметри студії звукозапису.

Структурна, технічна, будівельна характеристики побудови всієї архітектурної різноманітності сучасних студій звукозапису має, однак, такі спільні риси:

- Головний приміщення для виконання мовних та музичних творів, оснащене мікрофонами і використовуване як «концертний зал», називається тон-залом. Забезпечення високоякісних акустичних характеристик залу визначається характером та призначенням твору, що обробляється на студії.

- Кімната контролю запису є приміщенням, де встановлюється та фіксується вся апаратура для звукозапису. Це місце, де розміщують мікшери, комп'ютерні сервери, монітори та інші пристрої, і відома як контрольна кімната або мікшерна. Звукорежисер визначає акустичні характеристики цієї кімнати.

- Допоміжна кімната в студії може служити місцем для розташування первинних приладів живлення, стійок з підсилювачами та іншого обладнання. Забезпечення звукоізоляції цієї кімнати, окрім загальної ізоляції всієї студії, важливо для уникнення виникнення шумів та завад у процесі запису.

Існують багато різновидів студій звукозапису, які можна класифікувати за особливостями застосування (звукозаписні студії, звукові радіомовні і телевізійні студії, тон-зали у кінопродакшні тощо) і за характером та типом подачі звукового матеріалу, що записується: студії для запису симфонічної музики, камерної музики, студії для обробки літературно-драматичних та розмовних творів.

Класифікацію студій можна провести і за іншими критеріями:

- у радіомовленні: велика (С-1000 кв. м), середня (С-450 кв. м), мала (С-250 кв. м) і камерна (С-150 кв. м) музичні студії; літературно-драматична студія

(С-100 кв. м); заглушена студія (С-50 кв. м) і мовленнєва дикторська студія (С-24-36 кв. м);

- у телепродакшні: велика (С-450-600 кв. м), середня (С-300 кв. м), мала (С-150 кв. м) і дикторська програмна (С-60-80 кв. м) телевізійні студії.

Найважливішою складовою студії звукозапису є тон зал - приміщення, головним призначенням якого є виконання мовних і музичних фрагментів.

Розміри та форма приміщення помітно впливають на його акустичні властивості. Неправильний вибір розмірів приміщення може викликати не лише нераціональне використання його об'єму та проблеми експлуатації, але й порушення рівномірного розподілу звукової енергії. Співвідношення розмірів приміщення впливає і на спектр власних частот приміщення. Так за їхньої рівності або навіть кратності, спектр власних частот приміщення збіднюється через виникнення цілої низки пар однакових частот.

Форми тон-залу великих студій звукового і телевізійного мовлення так само різноманітні, як і форми великих концертних залів. Вибір форми «здійснюється з урахуванням архітектурно-будівельних аспектів та комфорту розміщення оркестрантів на сцені» [37].

Тон зал студій середніх і малих розмірів найчастіше мають форму прямокутного паралелепіпеда, сторони якого - довжина l , ширина b , висота h - перебувають у співвідношенні так званого «золотого перетину»:

$$l/b = b/h \text{ при } l = b + h$$

Якщо формі тону залу мовних студій не надається великого значення через слабкий вплив відображень на рівномірність звукового поля в них, то цього не можна сказати про музичні студії. Значно більший час реверберації музичних студій та їхні великі розміри можуть призвести до того, що відображення від паралельних стін за значної середньої довжини вільного пробігу хвилі загасатимуть повільніше за інші відображення, що призведе до помітної нерівномірності поля. Надаючи стінам деякої непаралельності,

можна домогтися зменшення кількості хвиль осьового типу, що мають найбільш упорядкований характер і пов'язані з більшою нерівномірністю поля.

З огляду на перераховані вище факти виникає необхідність вдаватися до трапецеїдальних та інших непрямокутних форм музичних студій. Кут скосу стін таких приміщень вибирається зазвичай до 10° . З тієї ж причини стіни і стеля в студії робляться іноді похилими з кутом нахилу близько 5° . Зважаючи на незручність планування великих студій з похилими і скошеними стінами, стіни часто роблять ребристими або надають непрямокутної форми тільки тій частині приміщення, де розміщуються виконавці.

Під час планування студії необхідно передбачити розміщення оглядового вікна між тон залом і контрольною кімнатою (апаратною).

Краща рівномірність звукового поля може бути отримана за рахунок оптимального розподілу по поверхні студії звукопоглинальних матеріалів, а також за рахунок розміщення уздовж стін і на стелі випуклих відбивних поверхонь. Іноді, для створення хороших акустичних умов, перерозподіляють звукорозсіювальні та звукопоглинальні матеріали.

Основною вимогою, що висувається до запису мовлення, є висока розбірливість мовлення при збереженні тембральних особливостей голосу виконавця.

Дослідження показують, що висока розбірливість мови може бути отримана за рівня звукового тиску $50...80$ дБ і часу реверберації, меншого за 1 с.

З огляду на те, що кількість виконавців для запису мовлення зазвичай не перевищує десяти осіб, об'єм цих приміщень обирається порівняно малим. Це дає змогу порівняно легко отримати час реверберації на середніх частотах $0,4...0,8$ с.

Досвідчені дані показують, що висока розбірливість мови і неспотворене тембральне забарвлення голосу можливе тільки за лінійної частотної характеристики часу реверберації або навіть за деякого спаду її (на $10...20\%$) на низьких частотах.

Таким чином, для створення оптимальних акустичних умов мовна студія повинна мати:

- малий час реверберації (0,4 ... 0,8 с);
- частотну характеристику часу реверберації, лінійну аж до високих частот (можливий спад її на 10...20% на нижніх частотах).

Зважаючи на різноманітність характеру музичних творів і різнобарвність ансамблів, що беруть участь у передачах, використовують кілька спеціальних студій для створення оптимальних акустичних умов під час запису та редагування музики. Питання про акустичні умови у великій студії слід розв'язувати, виходячи з припущення, що оптимальний час реверберації не залежить від об'єму, якщо останній перевищує 2000 м, і визначається для подібних студій характером твору, який виконується.

Оптимальний час реверберації на частоті 1000 Гц становить:

- 1,48 с для сучасної музики,
- 1,54 с для класичної музики,
- 2,07 с для музики епохи романтизму

Сформулюємо акустичні вимоги до оптимального часу реверберації музичних студій:

- для студій малих і середніх об'ємів (до 2000 м) оптимальний час реверберації змінюється в порівняно невеликих межах (1... 1,6 с).
- для великих студій оптимальний час реверберації меншою мірою залежить від об'єму приміщення, але визначається характером творів, які виконуються. Для студій багатоцільового призначення рекомендується час реверберації у межах 1,7...1,8 с.

Частотна характеристика оптимального часу реверберації може мати підйом у сфері нижчих частот на 20...40% порівняно з реверберацією на середніх частотах.

До апаратно-студійного блоку також входить контрольна кімната або режисерська кімната. У цьому приміщенні розташовані мікшерний пульт,

контрольні акустичні системи, цифрові аудіостанції, обробники сигналу, записувальні пристрої та інша додаткова техніка. Вимоги до акустичних характеристик контрольної кімнати формуються з урахуванням необхідності забезпечення оптимальних умов для слухового контролю якості музичних і голосових записів.

Контрольні кімнати студій звукозапису мають відповідати таким основним вимогам:

- Забезпечувати можливість чути неспотворене від оригіналу звучання контрольних акустичних систем.
- Не вносити значних спотворень в структуру реверберації, яка була записана в студії.
- Гарантувати, що звукорежисер може чітко почути і сформулювати просторовий звуковий образ, який він хоче передати слухачеві.
- Бути звукоізолюваними (всередині та ззовні), щоб забезпечити низький рівень шумів.
- Мати звукоізолюване вікно, яке дозволяє звукорежисеру спостерігати за музикантами в студії.

Контрольні кімнати за своїми параметрами збігаються з параметрами, необхідними для запису мови. Не так давно під час акустичного проектування контрольних кімнат використовували концепцію повторення параметрів житлового приміщення, тобто передбачалося, що звукорежисер повинен перебувати в умовах, близьких до умов домашнього прослуховування. Середній час реверберації вибирався 0,2...0,4 с. Обсяги теж були невеликими і становили 30...40м³. Такі приміщення задовільно працювали для запису музики з невеликим динамічним діапазоном. Крім того, умови реального прослуховування музичних і мовних сигналів, переданих каналами радіомовлення, телебачення, звукозапису тощо, настільки різноманітні, що наведені вище вимоги не можна вважати типовими для житлових приміщень.

У подальшому була розроблена концепція контрольних кімнат з назвою LEDE (Live-dead end). У цих кімнатах звукорежисер працював на перетині

«живого» середовища з великою кількістю відображень і «мертвого» середовища, вільного від відображень.

Основна ідея полягала в тому, що «одним з ключових критеріїв якості акустики у приміщенні є час прибуття ранніх відбитків, який повинен бути в межах 20...30 мс після прямого звуку» [34]. Якщо цей критерій дотримується, то перші відбитки в контрольній кімнаті не повинні маскувати їх. Таким чином, передню частину контрольної кімнати (стіни за контрольними агрегатами, підлоги та стелі) робили заглушеною (dead end), а задню частину - живою (live end). Задню частину стін і стелі обладнали різними решітками для відбиття звуку.

Така конструкція кімнати дозволяла звукорежисеру відчувати живі відображення, але водночас звук від студійних моніторів сприймався ним без спотворення, оскільки на прямий звук не накладалися відображення кімнати. Однак такі контрольні кімнати було дуже важко налаштовувати і, крім того, вимоги до передачі стереопанорами і розширеного динамічного діапазону для цифрових записів вимагали зниження рівня ревербераційних перешкод. Проте ціла низка відомих студій продовжують використовувати контрольні кімнати, побудовані за такою концепцією, і зараз.

Наприкінці 1980-х років було запропоновано конструкцію «безсередніх» контрольних кімнат. Проектування такого виду кімнат було запропоновано англійцем Т. Хідлі та реалізовано Ф. Ньюеллом у багатьох студіях світу. Ідея полягає в такому: усі поверхні, у напрямку яких випромінюють студійні контрольні агрегати (тобто стелю, задню стіну та бокові стіни), робляться звукопоглинальними, а поверхні перед звукорежисером - передня стіна та підлога - звуковідбиваючими. Це дає змогу звукорежисерам чути прямий звук моніторів, незабарвлений додатковими віддзеркаленнями, і в той самий час отримувати віддзеркалення власних голосів від передньої фронтальної поверхні підлоги та устаткування, яке перебуває в кімнаті (пульт, комп'ютери, стійки та ін.). «Вимірювання процесу реверберації, виконані в таких кімнатах, показали, що в перші моменти часу

(до 50 мс) відбувається дуже швидке поглинання відбитої енергії, що дає відчуття найдрібніших нюансів у звучанні моніторів, тоді як у звичайних кімнатах ці деталі маскуються ревербераційним процесом» [9]. Такого типу кімнати вимагають застосування контрольних акустичних систем з високим рівнем звукового тиску і поліпшеними перехідними характеристиками.

Контрольні кімнати, побудовані за концепцією LEDE, продемонстрували здатність до отримання звукозапису з високою прозорістю, що має особливе значення для цифрового аудіо.

Міжнародні стандарти та рекомендації, такі як ITU-R BS.775-1, SMPTE RP-173, EBU R22, EBU Tech3276, ITU-R BS.1116-1, визначають вимоги до розмірів і форми контрольних кімнат, параметрів їх звукового поля, а також параметрів і розташування контрольних агрегатів.

Під час акустичного проектування студій виникає дві основні групи завдань. Перша пов'язана з захистом від проникаючих звукових перешкод, а друга - з досягненням оптимальної структури звукового поля всередині студії. Оскільки першу групу завдань вирішують методи будівельної акустики, а другу - архітектурної акустики, розглянемо їх окремо.

Нормальне функціонування студій багато в чому визначається ступенем їх захищеності від різного роду зовнішніх акустичних шумів. Рівень проникаючих шумів не повинен перевищувати гранично допустимі.

Шуми можуть проникати в приміщення:

- шляхом перенесення вібрацій корпусом будівлі, наприклад, від коливань ґрунту, що збуджуються транспортом, або внаслідок роботи верстатів, вентиляційних установок, що знаходяться в будівлі;
- шляхом проходження звукових хвиль через огорожувальні конструкції (повітряний шум).
- В останньому випадку звукова енергія може проникати через:
- через наскрізні пори або щілини огорожувальної конструкції (повітряне перенесення);

- шляхом збудження поздовжніх коливань частинок матеріалу перегородки (матеріальне перенесення);
- за рахунок поперечних коливань самої перегородки загалом, яка поводить себе в цьому випадку як мембрана (мембранне перенесення).

Для ізоляції корпусу будівлі від вібрацій ґрунту навколо нього розташовують «акустичний шов» (траншея, засипана крупним шлаком, піском тощо), використовують ізолювальні прокладки між фундаментом і стінами, що спираються на нього, у вигляді кількох рядів цегляної кладки на асфальті.

Обладнання, що створює вібрації корпусу будівлі, ізолюють за допомогою пружних прокладок, ресор, а на перших поверхах шляхом розміщення його на окремих фундаментах.

Для зменшення повітряного перенесення необхідно уникати перегородок з наскрізними порами і стежити за відсутністю різних щілин і отворів у них. Навіть один отвір у перегородці здатен різко зменшити її звукоізоляцію, особливо на низьких частотах.

Для зменшення матеріального перенесення застосовують шаруваті конструкції огорожень із питомими акустичними опорами, що різко відрізняються.

Мембранне перенесення зменшується зі збільшенням маси перегородки і частоти, проте прямої пропорційності тут не спостерігається. Так, наприклад, стіна в 1/2 цегли з вагою 220 кг/м має власну звукоізоляцію (на частоті 1000 Гц) 48 дБ. Звукоізоляція ж стіни в 1 цеглу збільшується лише до 58 дБ.

Якщо ж застосувати огорожу з двох стін на різних фундаментах з повітряним проміжком у 10 см і товщиною кожної зі стін в 1/2 цегли, то звукоізоляція може зрости до 63 дБ.

Цей приклад показує, що завдяки значному зменшенню пружно-резистивних зв'язків між двома перегородками такої «листяної» огорожі вдається значно підвищити її звукоізоляцію, використавши таку саму кількість матеріалу, що й для одинарної огорожі.

Звичайні будівельні матеріали, за допомогою яких обробляють

внутрішні поверхні приміщень, мають малий коефіцієнт поглинання.

Тому для створення оптимальних акустичних умов у приміщеннях доводиться застосовувати спеціально розроблені матеріали і конструкції, абсорбенти, що мають підвищену здатність поглинати звукову енергію.

Залежно від принципу дії їх можна розділити на дві групи: пористі та резонансні.

До першої групи належать усі типи пористих матеріалів: пористі облицювальні плити, мати з різної вати - скляної, мінеральної, капронової тощо, акустична штукатурка, різні драпірування, килими тощо. [6]

Поглинання звукової енергії пористими матеріалами зумовлене переважно тертям під час руху частинок повітря в порах і внутрішнім тертям під час деформації скелета матеріалу. Під час відбиття звукових хвиль від жорсткої перепони на її поверхні утворюється пучність тиску (складаються тиски падаючої і відбитої хвиль) і вузол коливальної швидкості, тому що частинки повітря тут, натрапивши на перепону, змінюють напрямок свого руху на зворотний. Фази коливальної швидкості падаючої і відбитої хвиль будуть зсунуті на 180° . Пучність коливальної швидкості спостерігатиметься на відстані, що дорівнює $\lambda/4$ від жорсткої перешкоди.

Оскільки втрати на тертя пропорційні коливальній швидкості, то і максимум поглинання пористого матеріалу невеликої товщини буде спостерігатися при його розташуванні на відстані $\lambda/4$ від жорсткої перешкоди.

Отже, для ефективного поглинання енергії високих частот достатньо невеликого відносу поглинача від жорсткої перешкоди, або невеликої його товщини. На низьких же частотах знадобиться або значна товщина поглинача, або віднос його на велику відстань від перешкоди.

Тому пористі матеріали застосовуються як високочастотні абсорбенти.

Плиткові облицювальні матеріали зручні в монтажі: легко ріжуться і можуть прибиватися цвяхами до дерев'яного каркаса.

Матеріали у вигляді матів або плит із пресованої вати можна використовувати або як заповнювач у звукопоглинальних конструкціях, або

як самостійні високочастотні абсорбенти. В останньому випадку їх зазвичай поміщають в осередки дерев'яного каркаса і покривають декоративною сіткою, дерев'яною решіткою або рейками. Оскільки волокна вати можуть ламатися і створювати пил, мати або плити перед декоративною обробкою вкривають акустично прозорою тканиною - склотканиною, пакувальною сорочкою, ріденькою мішковиною або марлею у два шари. Усі тканини, крім склотканини, так само, як і елементи декоративного оздоблення (решітки, рейки тощо), мають бути оброблені вогнезахисною сумішшю.

Пористі плиткові матеріали, а також акустична штукатурка можуть забарвлюватися тільки аніліновими фарбами шляхом розпилення, інакше вони втратять свої звукопоглинальні властивості.

Звукопоглинальні конструкції резонансного типу виконуються або у вигляді резонаторів із коливною пластиною (резонуючі панелі), або у вигляді повітряних резонаторів (системи резонаторів) і застосовуються для поглинання звукової енергії в області низьких і середніх частот.

Резонансні панелі конструктивно являють собою пластину (лист пластику, фанери, натягнуту клейонку тощо), закріплену на рамі з дерев'яних брусків із таким розрахунком, щоб між пластиною та несучою поверхнею залишався б повітряний проміжок.

Якщо частота коливань падаючої звукової хвилі збігається з власною резонансною частотою пластини, то амплітуда коливань останньої буде максимальною. Максимальними будуть і втрати енергії, зумовлені внутрішнім тертям у матеріалі пластини під час її вигину. Конструктивними прийомами резонансну частоту такої панелі легко змістити в область низьких частот.

Зазвичай коефіцієнт поглинання таких конструкцій виявляється невеликим. Для збільшення поглинання повітряний проміжок між пластиною і несучою поверхнею заповнюють пористим поглинаючим матеріалом (наприклад, мінеральною або скляною ватою). Збільшення поглинання може бути досягнуто і розміщенням прокладки з пористого матеріалу між пластиною і несучою поверхнею. Панелі, що резонують, використовуються в

приміщеннях або як декоративне оформлення нижньої частини стін, або у вигляді спеціальних конструкцій, відомих під назвою щитів «Бекеші». У цих конструкціях резонуюча пластина може бути виконана з фанери або натягнутої на раму клейонки.

Часто резонуючі панелі виконують у вигляді пилкоподібних конструкцій.

Конструкції із перфорованим покривним листом. Конструктивно цей тип схожий на резонуючі панелі. Тут також на рамі розміщується покривний лист, утворюючи повітряний проміжок з поверхнею, що несе. Однак тут у покривному листі свердяться отвори (буває і щілинна перфорація). Кожен такий отвір («горло») з об'ємом повітря, що лежить за ним, являє собою резонатор Гельмгольца, резонансна частота якого може легко зміщуватися в область низьких і середніх частот шляхом зміни товщини листа, діаметра отвору, відстані між ними (крок перфорації), а також повітряного проміжку між листом та огорожею.

При збігу частоти коливань падаючої звукової хвилі з власною частотою резонатора маса повітря в отворі набуває максимальної коливальної швидкості. За рахунок тертя частинок повітря об стінки отвору створюються втрати звукової енергії тим більше, чим менше діаметр отворів. Поглинання звукової енергії в таких конструкціях може бути збільшене або підведенням під отвори матерії з тильного боку листа, або додатково заповненням повітряного проміжку пористим поглиначем.

Конструкції з перфорованим покривним листом можуть фарбуватися будь-яким барвником з умовою, що отвори та тканина під ними залишаються незафарбованими.

При заповненні повітряного проміжку пористим матеріалом, останній необхідно, як вказувалося раніше, покривати акустично прозорою тканиною з метою унеможливлення попадання пилу від нього в приміщення через отвори листа.

Іноді з метою економії повітряний проміжок не повністю заповнюють

пористим матеріалом. При цьому для отримання максимального коефіцієнта поглинання необхідно заповнювач укладати впритул до тильного боку перфорованого листа, залишаючи повітряний проміжок за заповнювачем.

Як покривні листи можуть бути використані листи фанери, пластику, металу, гіпсові та деревно-стружкові плити та ін.

Конструкції, виконані з фанери, деревоплітів та інших горючих матеріалів, необхідно обробляти вогнестійкими речовинами.

У приміщеннях, в яких для забезпечення оптимальних акустичних умов недостатньо акустичної обробки стін та стелі, застосовують об'ємні (штучні) звукопоглиначі. Об'ємні звукопоглиначі є або плоскі, або об'ємні, вони вільно підвішуються в приміщенні. Їх ефективність зазвичай оцінюють за величиною сумарного звукопоглинання в квадратних метрах на один звукопоглинач. За рахунок явища дифракції штучні поглиначі мають більший коефіцієнт звукопоглинання, ніж площинні облицювання.

Зазвичай штучні звукопоглиначі виконують у вигляді пористих матеріалів, або у вигляді резонансних конструкцій. Звукопоглинаючі властивості об'ємних (штучних) поглиначів залежать від відстані між ними: при збільшенні відстані між окремими поглиначами підвищується їх ефективність, оптимальне рішення виходить у тих випадках, коли відстань між поглиначами не менше півторної величини найбільшого поперечного розміру конструкції (але трохи більше подвоєної величини). Великою перевагою об'ємних поглиначів є можливість встановлення великої кількості одиниць звукопоглинання в безпосередній близькості від будь-якого шумного агрегату, а також легка заміність і простота монтажу.

Оскільки частотні характеристики коефіцієнтів поглинання матеріалів і конструкцій різні, щоб одержати необхідного фонду поглинання на усіх частотах доводиться застосовувати різне їх поєднання.

При акустичній обробці приміщень, для створення в них більш дифузного звукового поля, звукопоглинаючі матеріали та конструкції слід розміщувати рівномірно по огороженнях, чергуючи між собою абсорбенти з

різним поглинанням.

На закінчення необхідно підкреслити, що вимоги до акустичних характеристик звукозаписних студій «весь час зростають, оскільки вони в значній мірі визначають якість музичних і мовних програм, що надходять до багатомільйонної аудиторії за допомогою сучасних засобів радіомовлення, звукозапису, телебачення та мультимедіа» [42].

2.3. Традиційні вимоги до студійного обладнання.

Обладнання студії звукозапису складається з таких пристроїв:

- уловлювання звуку: мікрофони, звукознімачі
- обробки звуку: мікшери, сигнальні процесори, компресори, комп'ютерні плагіни і.т.д.
- запису звуку: DAT-магнітофони, жорсткі диски, аналогові звукозаписні пристрої
- відтворення звуку: студійні монітори, студійна акустика.

Невід'ємним елементом студії звукозапису є студійні монітори. Студійний монітор – це гучномовець (акустична система) в акустичному оформленні невеликої потужності з ідеально гладкою амплітудно-частотною характеристикою, який використовують у професійному звукозаписі для контролю балансу інструментів, якості виконання, якості звуку.

Монітори створені, щоб максимально чесно відображати звучання записаного матеріалу. Варто додати, що студійні монітори не обирають за красою звучання, насамперед монітори мають виявляти максимальну кількість дефектів запису.

Студійні аудіомонітори також можна назвати ідеальною акустичною системою, адже для контролю звуку нічого якіснішого поки що не винайдено. З огляду на ідеально чітке і рівне звучання студійних моніторів, їх можна

застосовувати для написання і прослуховування будь-яких типів і жанрів музики, тобто вони універсальні.

Оцінку якості звучання можна зробити на підставі прослуховування. Прослуховування на слух - це суб'єктивний контроль. Функція студійних моніторів полягає не тільки у відтворенні звуку, а й у його моніторингу, що є найважливішою складовою будь-якої звукозаписної студії. Для моніторингу, як правило, застосовуються студійні навушники та студійні монітори (студійні акустичні системи).

За студійним стандартом виділяють три типи моніторингу: ближнє, середнє і дальнє поле. Монітори ближнього поля мають потужність до 100 Вт і діаметр динаміка до 8 дюймів, розташовуються на відстані до 1,5 метра від звукорежисера. Монітори середнього і дальнього поля використовуються в професійних студіях, розташовані на великій відстані і мають більшу потужність.

Студійні монітори можуть бути активними (із вбудованим підсилювачем) або пасивними (з використанням зовнішнього підсилювача). Деякі звукорежисери вважають, що корпус колонки повинен містити лише дерево і динамік, тоді як інші віддають перевагу інтегрованому підходу. Якість звуку активних студійних моніторів не поступається якості пасивних.

Мікрофони - це акустико-електричні перетворювачі. Мікрофони дають змогу конвертувати акустичну хвилю в електричні або ємнісні коливання. Сучасні студії звукозапису широко використовують різні види мікрофонів, таких як конденсаторні, стрічкові та динамічні, кожен з яких має свої особливості у частотному та динамічному діапазоні, чутливості та направленості. Вокальні мікрофони, зазвичай, бувають конденсаторні або стрічкові, мають велику мембрану для підвищення динамічного і частотного діапазону та високої чутливості з мінімальним часом відгуку. Вони розміщуються на гумових підставках (часто називають "павуками"), щоб уникнути впливу будь-яких вібрацій на корпус мікрофона.

Щодо інструментальних мікрофонів, вони обираються самими музикантами залежно від конкретного інструменту. Для запису смичково-струнних інструментів часто використовують вузькоспрямовані конденсаторні мікрофони з підвищеною чутливістю на певних частотах для передачі особливостей кожного інструменту.

Мікшерний пульт (також відомий як "мікшер" або "мікшерна консоль") - це «електронний пристрій, призначений для зведення звукових сигналів, об'єднання джерел та маршрутизації сигналів» [19]. Мікшер використовується під час звукозапису, зведення та концертного звукопідсилення. Мікшерний пульт має безліч аудіовходів, аудіовиходів і комутаторів, що дозволяє об'єднати різноманітні джерела звуку в єдиний гармонійний мікс. Кожен сигнал проходить через численні етапи обробки, такі як передпідсилення, еквалізація, панорамування та підсумовування з альтернативними джерелами. Складна система аудіовходів/виходів дозволяє докладно обробляти аудіосигнал та включати його в кінцевий мікс. Мікшерний пульт вважають своєрідним «серцем» звукозаписної студії.

Існує два типи мікшерних пультів: аналогові та цифрові, і обидва вони мають своїх як прихильників, так і критиків, в основному – через власні переваги та обмеження. Крім того, мікшерні пульти різняться за кількістю входів і виходів. Професійні концертні та студійні мікшерні консолі зазвичай мають не менше 32 входів, понад 6 Аух-шин, потужний еквалайзер для входів, 4 або більше підгрупи, а також високоточні та довговічні фейдери. Компактні та доступні мікшери, як правило, мають обмежену кількість каналів, менш ефективні еквалайзери та відсутність фейдерів, які можуть бути заміщені звичайними потенціометрами. Мікшерний пульт може виступати в ролі альтернативи комп'ютеру, який обладнаний спеціальним обладнанням.

Мультимедійні студії є бюджетним рішенням та ефективною альтернативою традиційним студіям звукозапису. Вони використовують багатоканальні звукові карти та програмне забезпечення студійного рівня, перетворюючи комп'ютер у потужну студію звукозапису. Віртуальні мікшери

в програмах, таких як Cubase або Adobe Audition, надають аналогічний набір функцій, що і класичні аналогові мікшери.

Для обробки звуку існує різноманітні прилади, які можна умовно поділити на три групи: динамічну обробку, частотну обробку і тимчасову обробку.

Отже, почнемо з приладів, що належать до категорії динамічної обробки, це: компресор, лімітер, експандер, гейт.

Компресор – це «електронний пристрій, який використовується для зменшення динамічного діапазону звукового сигналу, тобто вирівнює різницю між тихими і гучними звуками» [19].

Зазвичай, компресор має стандартні параметри:

1. Поріг (Threshold) встановлює рівень гучності, вище якого сигнал починає оброблятися компресором.

2. Глибина компресії (Ratio) визначає, наскільки послаблюється сигнал, що перевищив поріг.

3. Час атаки (Attack) вказує на той інтервал, після якого сигнал починає послаблюватися компресором.

4. Час відновлення (Release) визначає, як швидко сигнал повертається до вихідного рівня після закінчення компресії.

5. Вихідний рівень (Gain) дозволяє підняти оброблений сигнал до вихідного рівня.

Лімітер – це «компресор, зазвичай налаштований на жорстке обмеження динамічного діапазону, спрацьовує миттєво» [19]. Часто встановлюється після компресора для ловлення найгучніших піків сигналу, які компресор може пропустити через більший час атаки. «Цегляна стіна» (Brick wall) - це вид лімітування із високим співвідношенням та швидким часом атаки.

Експандер – це «пристрій, який розширює динамічний діапазон звукового сигналу» [19]. Існують три основних типи експандерів:

- Підвищуючий – той, що збільшує рівень сигналу, який перевищує встановлене порогове значення.

- Понижуючий – той, що зменшує рівень сигналу, що знаходиться нижче порога.
- Компандер – це поєднання компресора і експандера, яке одночасно зменшує та збільшує рівень сигналу.

Гейт (шумові ворота) – це «динамічний пристрій, який контролює рівень звукового сигналу» [19]. Гейт пропускає або пригнічує сигнал відповідно до встановленого порогового значення. Зазвичай використовується для пригнічення шуму в періоди пауз або тиші.

Категорія частотної обробки представлена приладами, які називаються еквайзерами. Еквайзер (або «EQ») – «пристрій, що регулює тембр аудіосигналу, змінюючи амплітуду різних частот» [19]. Основний параметр - амплітудно-частотна характеристика (АЧХ), яка вказує на вплив еквайзера на частоти вхідного сигналу. Простий приклад - регулятори тембру (високих, низьких, іноді середніх частот) у побутових та автомобільних аудіосистемах. Процес корекції звуку еквайзером називається «еквалізацією». Є два основних типи: графічні та параметричні.

Графічний еквайзер має фіксовані смуги, кожна з яких має власний регулятор. Параметричний еквайзер дозволяє незалежно налаштовувати параметри для кожної смуги, включаючи центральну частоту, ширину смуги і амплітуду.

Параметричні еквайзери часто використовуються як частина обробки цифрових аудіопроцесорів, а в мікшерних пультів можна зустріти напівпараметричний еквайзер з обмеженими можливостями. Типи фільтрів включають low pass (пропуск низьких частот), high pass (пропуск високих частот), peaking або bell (смуговий фільтр), low shelf (низькочастотна полка або шельф) і high shelf (високочастотна полка або шельф).

Графічний еквайзер, який складається з регуляторів для різних частотних діапазонів, використовується для швидкої корекції звуку. Типовий графічний еквайзер має 25-31 смугу і називається 1/3-октавним. Кожна смуга характеризується фіксованою центральною частотою, шириною і

діапазоном регулювання рівня. Аналогові еквайзери можуть викликати зміни у часі для різних частотних компонентів, що може бути небажаним.

Фазово-частотна характеристика (ФЧХ) вказує на зміну фази сигналу під час проходження через еквайзер. Еквайзери з лінійною фазою здатні змінювати фазу пропорційно до частоти, що еквівалентно простому зсуву сигналу в часі, не змінюючи його форми. Цифрові еквайзери можуть мати лінійну або нелінійну ФЧХ, але лінійні еквайзери мають певні недоліки, такі як пульсації в смузі пропускання, неповне придушення в смузі придушення, обмежена крутизна зміни АЧХ і затримка сигналу.

Ревербератор імітує ефект реверберації, існуючи у формі пружинного, стрічкового або цифрового ревербератора. Принцип роботи різних типів ревербераторів використовує електромеханічні перетворення, магнітну стрічку або математичні алгоритми для створення відлунь.

Ділей, ефект затримки, використовується для створення повторюваного звуку шляхом запису та програвання вхідного сигналу зі затримкою. У музиці вони застосовуються для створення щільних текстур і петель музичних фраз.

Хорус (англ. chorus) – це і звуковий ефект, і відповідний пристрій. Хорус «імітує хорове звучання музичних інструментів» [34]. Ефект хорусу «реалізується шляхом додавання до вихідного сигналу його власної копії або копій, зсунутих за часом на величини порядку 20-30 мс., причому час зсуву безперервно змінюється» [40].

Фленжер (англ. flanger) – це «звуковий ефект, який відбувається коли два ідентичні сигналу змішуються разом, один із сигналів затримано на невеликий час, час затримки постійно змінюється, як правило затримка менше 20 мілісекунд» [30]. Такі дії призводять до «ефекту рухомого гребінчастого фільтру: піки і провали підсумовуються в результуючий частотний спектр, де вони пов'язані один з одним в лінійний гармонійний ряд» [40].

Багато провідних студій світу, як і раніше, покладаються в основному на «стародавні» інструменти для виконання своєї роботи. Тому що, на думку багатьох найкращих фахівців у цій сфері, аналогове обладнання, як і раніше,

звучить краще, ніж будь-який плагін. Студія звукозапису – це не обов'язково десятки видів різного обладнання, пристрої мають бути лише продовженням таланту музиканта.

РОЗДІЛ 3

ДІЯЛЬНІСТЬ СТУДІЇ ЗВУКОЗАПИСУ

3.1 Розрахунок стандартної реверберації для студії звукозапису.

Акустика приміщення є основною характеристикою студії звукозапису поряд із апаратним оснащенням студії. При покращенні якості, а головне доступності музичного обладнання, зросла потреба у підготовлених акустичних приміщеннях.

Розглянемо матеріали, що використовуються для акустичної обробки студії.

Decoustic 30/2 Дуб Рів'єра D 5291 - акустичні перфоровані панелі. Базова неперфорована панель CDF виробляється KRONO SWISS, яку швейцарська фабрика далі ламінує будь-яким декором з власної фірмової колекції One World, у тому числі, що включає понад 30 чудових дерев'яних малюнків. За рахунок перфорації лицьової поверхні та підклеєного зі зворотного боку склополотна панель відноситься до класу звукопоглинаючих матеріалів резонансного типу, для яких характерне звукопоглинання в середньохвильовому діапазоні.

Панелі відрізняє стійкість до подряпин та ударостійкість, що дозволяє їх успішно застосовувати в приміщеннях з високою прохідністю, зокрема в конференц-залах та інших багатофункціональних залах великої місткості. Безшовна технологія монтажу, за допомогою якої навіть найвибагливіший замовник отримає відмінний естетичний результат – стиків не видно.

Висока міцність CDF забезпечують надійність кромки шипа, які найчастіше ламаються у панелей зі звичайного м'якого MDF. Стабільність розмірів при нестабільних температурно-вологісних параметрах приміщення

завдяки низькому вологопоглинанню та великій щільності корпусу (вище 1000кг/м³). Відсутність ризиків усихання, короблення, вискакування із замків.

Швейцарські панелі SwissCDF відповідають екологічним стандартам та вимогам пожежної безпеки.

Облицювальна плита комбінованого призначення: поглинач та розсіювач звуку. VicPattern Ultra Wavewood представляє нове покоління акустичних панелей Vicoustic, в яких досягається збалансоване поєднання поглинання та відображення звуку в максимально широкій смузі частот. За принципом дії VicPattern Ultra Wavewood відноситься до резонансних мембранних поглиначів. Його робочий діапазон частот розширено за рахунок перфорованих отворів певної форми та певних відстаней між ними, а також за рахунок наявності пористо-волокнистого матеріалу всередині каркасу. Гладка поверхня мембрани (щита із МДФ) служить також відбивачем (розсіювачем) звуку та допомагає покращити акустичну якість приміщення. Застосовується як облицювання на стінах та/або стелі або як кутова конструкція. Дана панель випускається також у версії підвищеної пожежної безпеки VicPattern Wavewood Ultra FR зі спеціальної МДФ. Вона рекомендується для громадських приміщень. Особливості стійка до подряпин поверхня обробка спереду та з боків можна вийняти наповнювач для створення світлових об'єктів зручний монтаж на напрямні.

Letwood, розроблений як для стін, так і для стелі, представляє собою оригінальну концепцію, що поєднує інноваційний дизайн інтер'єру та високоякісну акустику для створення декорацій, унікальних як візуально, так і акустично. Letwood пропонує величезну кількість рішень завдяки своєму квадратному формату (60х60 см), модульній системі та взаємозамінюваності елементів. Фрезеровані зразки доступні в чотирьох різних варіантах для широкого спектру декоративних стилів. Стимулюючий матеріал для архітекторів і дизайнерів, які створюють інноваційні ідеї для унікальних інтер'єрів. Ідеальний продукт для високоякісного дизайну, акустичної якості та комфортного декору.

Оптимізована для установки в кут, елегантна басова пастка «Super Bass Extreme» з дерев'яною передньою обробкою базується на флагманській панелі «Vicoustic Wave Wood». У поєднанні з мембраною, двома шарами високогустиної піни і мікроперфорованою задньою панеллю з отворами діаметром 1 мм, «Super Bass Extreme» діє як резонатор Гельмгольца. Налаштована на частоту 80 Гц, пастка має відкриту точку Q, що робить продукт ефективним у діапазоні від 60 Гц до 100 Гц. Дерев'яна передня панель виконує дві функції: забезпечує достатню поглиблення середніх і високих частот для контролю кутових відбивань без "висушування" звуку і в той же час діє як дифузор.

«Super Bass Extreme» рекомендується використовувати в невеликих приміщеннях із проблемними низькими частотами; панель може бути використана в різних кутових положеннях, а його модульна структура дозволяє додавати блоки за необхідності без будь-яких труднощів.

Прозора звукопоглинаюча шторна тканина з виразною текстурою поверхні. Нитки з фольги укладаються в плетіння, що нагадує скло. Штора працює, як архітектурний елемент. Gammasoustic підходить для використання в самих різних інтер'єрах.

Басова пастка «Vicoustic VicTotem Ultra». «VMT VicTotem» представляє собою «нове і революційне рішення для акустичної обробки» [49]. «VicTotem» – це «окремо продукт з змінною акустичною обробкою, яка може забезпечити поглинання, дифузю та управління басами, а також будь-яке їх поєднання в одному і тому ж продукті» [49]. Його можна вільно розмістити в будь-яких приміщеннях, у будь-яких комбінаціях, а також переміщати та змінювати для різних акустичних умов.

«VicTotem» доступно в широкій колірній гамі та в окремій деревині, щоб відповідати будь-якій кімнаті та простору. Цей універсальний виріб був розроблений для використання в якості «пастки басів» (при розміщенні в куті приміщення), а також може використовуватися в якості окремого стоячого елемента для управління відбитками.

Розсіювальна панель «Vicoustic Multifuser Wood 36». Панелі, виготовлені з цілісного масиву дерева, ідеально підійдуть для таких приміщень, як домашні кінозали, кімнати прослуховування Hi-Fi, студії звукозапису та інші приміщення, де часто буває необхідним є застосування розсіювачів – корекція звучання без надмірного заглушення приміщення. Поверхня панелі є складним геометричним 3D дифузером, що працює набагато ефективніше звичайних дифузерів Шредера. Сама панель складається із двох частин. Кожна частина може використовуватися окремо від іншої, кріпитися в необхідному напрямку для вибору оптимального положення та розміщення панелі з максимальною ефективністю. Основний робочий частотний діапазон «Multifuser Wood» 36 від 470 до 10 кГц. Крім акустичних властивостей панелі, варто відзначити її по-справжньому шикарний зовнішній вигляд, завдяки якому цей виріб може стати чудовою прикрасою приміщення. Особливо ефектно виглядають кілька панелей, що покривають велику площу.

«Vicoustic Vari Bass» - басова пастка, що настроюється. Резонансні моди в кімнаті прослуховування є одними з найбільш складних проблем акустичних рішень в акустичній корекції приміщення. Досі найбільш ефективні варіанти пов'язані з використанням бас-пасток, які спеціально розроблені, або налаштовані відповідно до кімнати. Однак ці рішення часто можуть бути дорогими та їх застосування та розстановка завжди пов'язана з низкою складних процедур вимірювання.

«Vari Bass» призначен для використання в будь-якому професійному просторі для запису, домашньої студії, або Hi-Fi кімнаті. Зроблений з дерева та високої щільності акустичної піни, бас пастка може бути налаштована між 50 Гц і 100 Гц, просто висування його центральної основи (яка має низку резонансних порожнин), поки проблема не зникає. Шкала увімкнена, щоб показати точні частоти, на якій «Vari Bass» діє. Автономна структура пристрою дозволяє йому бути повторно застосованою в міру необхідності та може використовуватись у різних кімнатах.

Унікальні властивості в одній панелі – поглинання басу / розсіювання СЧ-ВЧ-частот легкість та простота монтажу

Розглянемо можливість проектування студійного звукозапису здатного записувати аудіо-матеріал високої якості з використанням сучасних матеріалів з оптимізації акустичних характеристик малогабаритних студій.

Розділимо студію звукозапису на два приміщення – контрольну кімнату та тон зал.

Для малого, об'ємом біля 50 куб.м. тон-залу та контрольної кімнати, час оптимальної реверберації (RT) рекомендується вибирати у межах 0,25-0,4 сек. Для одержання достатньої дифузності звукового поля, для прямокутної форми приміщення, його висоту H , ширину B та довжину L рекомендується встановити у таких пропорціях:

$$1 < L/B < 2$$

$$1 < B/H < 2$$

Візьмемо наступні розміри:

- для тон- залу: висоту $H = 2,7$ м.; ширину $B=4$ м. та довжину $L= 5,9$ м.
- $V = HBL = 2,7 \times 4 \times 5,9 = 63,72$ м³
- для контрольної кімнати: висоту $H = 2,7$ м.; ширину $B=4$ м. та довжину $L= 5$ м.
- $V = HBL = 2,7 \times 4 \times 5 = 54$ м³

Такі розміри доступні для студійного приміщення навіть у житловому помешканні.

Таблиця 1

Загальне поглинання приміщення з голими стінами з штукатуркою, стелею та полом з бетоном буде дорівнювати (без акустичної обробки)

Наближений розрахунок	Площа, кв.м	Поглинання	Фонд поглинання, одиниць
Контрольна кімната			
бетонна підлога	(4x5)=20	0.02	0.4
штукатурка стелі	(4x5)=20	0.03	0.6
штукатурка стін	(2,7x18)=50	0.02	1.0
Людина, 5 осіб		0,45	2.25
Загальний коефіцієнт звукопоглинання			4.25
Тон – зал			
бетонна підлога	(4x5,9)=23,6	0.02	0.48
штукатурка стелі	(4x5,9)=23,6	0.03	0,71
штукатурка стін	(2,7x19,8)=53,46	0.02	1.07
Людина, 4 особи		0,45	1,8
Загальний коефіцієнт звукопоглинання			4,06

Коефіцієнт звукопоглинання наведено у Додатку А.

Розрахунок стандартного часу реверберації для тон зала за формулою Себіна:

$$T = \frac{0.164V}{A} \quad 3.1$$

Де V - це об'єм приміщення, A - загальне звукопоглинання,

$$A = a_1 S_1 + a_2 S_2 + \dots \quad 3.2$$

$$T_{\text{тон зал}} = \frac{0,164 \times 63,72}{4,06} = 2,58 \text{ с.}$$

$$T_{\text{контр,кім.}} = \frac{0,164 \times 54}{4,25} = 2,09 \text{ с.}$$

Грунтуючись на наведеному вище розрахунку основними завданнями будуть:

- вирівнювання амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) студії;
- підбір матеріалів для акустичного оформлення студії.

У зв'язку з тим, що рекомендований час реверберації (RT) для кімнати прослуховування – RT = 0,2 с, для малого тон-залу – RT = 0,25 с. На частоті 125 Гц приймаємо час реверберації трохи більше 0,25 с. і 0,3 с. у тому, щоб не погіршувати чутність промови. Підрахуємо площу всіх врахованих поверхонь $S_{\text{кон.кім.}} = 110,5 \text{ м}^2$, $S_{\text{тон-зал}} = 106,5 \text{ м}^2$ для розрахунку загального коефіцієнта звукопоглинання зали. Розраховуємо час реверберації для кімнати прослуховування і тон-залу (таблиці 1, 2; малюнки 1, 2). Відхилення розрахункових значень RT від рекомендованих - менше 10%, що відповідає нормам. Також було враховано заповнення приміщення: до 5 осіб для кімнати прослуховування та до 6 осіб для тон-залу.

Таблиця 2

Розрахункові значення часу реверберації для кімнати прослуховування

Частота, Гц	RT, с	Відхилення від рекомендованих значень, %
RT100	2	3
RT100	0,24	-3
RT125	0,237	-5
RT160	0,23	-6
RT200	0,216	7
RT250	0,205	2
RT315	0,2	2
RT400	0,19	-3
RT500	0,19	-3
RT630	0,198	0

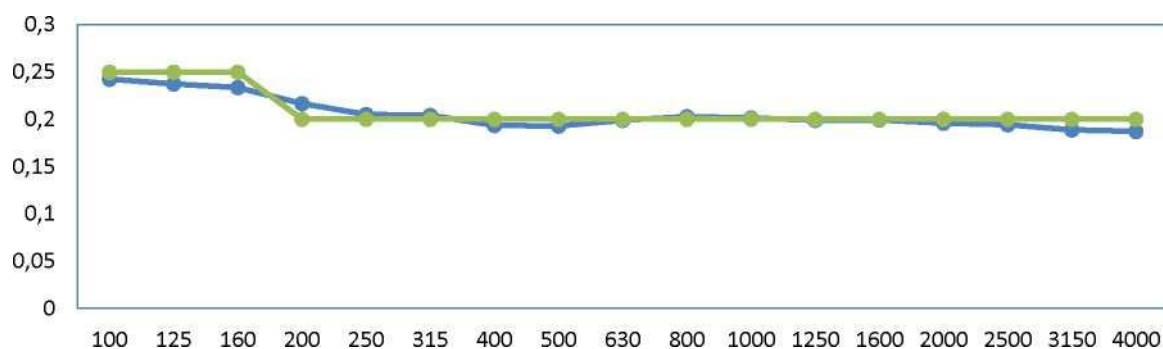
RT800	0,2	1
RT1000	0,2	0
RT1250	0,199	0
RT1600	0,199	0
RT2000	0,195	-2
RT2500	0,19	-2
RT3150	0,188	-4
RT4000	0,187	-5

Таблиця 3

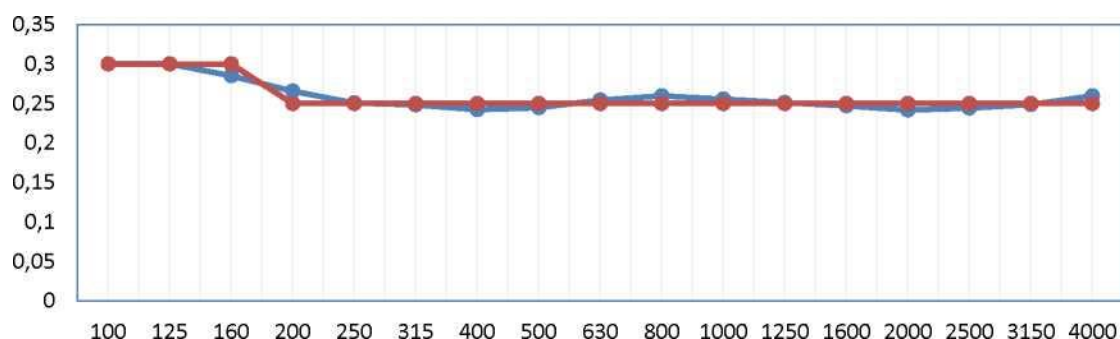
Розрахункові значення часу реверберації для тон-залу

Частота, Гц	RT, с	Відхилення від рекомендованих значень, %
RT100	0,30	0
RT125	0,30	0
RT160	0,29	-6
RT200	0,27	6
RT250	0,25	0
RT315	0,25	-1
RT400	0,24	-3
RT500	0,24	-2
RT630	0,25	2
RT800	0,26	4
RT1000	0,26	2
RT1250	0,25	0
RT1600	0,25	-1
RT2000	0,24	-3

RT2500	0,24	-2
RT3150	0,25	0
RT4000	0,26	4



Мал. 1. Графік розрахункових та табличних значень часу реверберації для контрольної кімнати.



Мал. 2. Графік розрахункових та табличних значень часу реверберації для тон-залу

У Додатку В можливо побачити план студії.

Для розрахунків було підібрано матеріали для кімнати прослуховування та тон-залу (Додаток Б).

Аналіз проведених розрахунків дозволяє сформулювати низку висновків.

1. Дотримання запропонованих у роботі співвідношень сторін приміщень студії дозволило уникнути проблем у низькому діапазоні частот, що є головною проблемою в будь-якій студії, особливо невеликого розміру.
2. У разі вибору запропонованих у роботі матеріалів для обробки студії можна не тільки досягти оптимальних значень часу реверберації та АЧХ студії, а й дотриматися всіх вимог нових стандартів санітарно-епідеміологічного та пожежного контролю.
3. Потрібно розібратися з питанням точного розташування поглиначів та дифузорів після закінчення будівництва та проведенням контрольних вимірів часу реверберації, оскільки розрахунок дозволяє лише оцінити загальний фонд звукопоглинання [2,29,34,21, 22,23].

3.2 Апаратний комплекс студії звукозапису.

Для успішної роботи в студії насамперед потрібні потужні комп'ютери, так як користуватися доведеться безліччю спеціальних програм і плагінів одночасно. А також:

Студійний мікрофон Townsend Labs Sphere L22 - високоякісний конденсаторний мікрофон з великою діафрагмою, що працює спільно з програмним забезпеченням, яке детально моделює звукові характеристики багатьох пристроїв.

Ця мікрофонна система моделює характеристики найкращих конденсаторних мікрофонів з великою діафрагмою з приголомшливою точністю та дозволяє вибирати їх різні моделі та налаштування навіть після запису.

Система складається з прецизійного двоканального мікрофона та плагіна Sphere (UAD, VST, AU, нативний AAX), що акуратно моделює широкий спектр різних мікрофонів, включаючи транзйенти, гармоніки, ефект близькості та тривимірну спрямованість.

Townsend Labs Sphere L22 створює тривимірне моделювання з урахуванням різних нюансів, ефекту близькості та позаосьових характеристик широкого спектру мікрофонів, яке не було можливим раніше. Зважаючи на те, що Townsend Labs Sphere L22 знімає тривимірний звук, вона точно емулює заданий мікрофон з його спрямованістю та позаосьовими характеристиками настільки важливими для вінтажних мікрофонів.

Використовуючи цей мікрофон з Universal Audio Apollo, можна проводити обробку в реальному часі з ультранизькою затримкою (бл. 1.6ms в дві сторони на 96kHz). Також є підтримка нативних AAX, VST та AU.

У Townsend Labs Sphere L22 немає потреби рухати мікрофон для отримання необхідної кількості низьких частот. Ефект близькості можна варіювати програмно. Режим Dual плагіна Sphere дозволить змішувати кількох віртуальних мікрофонів із фазовими зміщеннями при використанні одного фізичного мікрофона до або після запису. Також можна налаштувати їх фазування.

За допомогою цього мікрофона можливо створювати точнішу спрямованість для зменшення сторонніх шумів, звучання кімнати та зворотного зв'язку до або після запису. Плагін Sphere надає динамічну візуальну інформацію покриття та рівнів у різних точках, а також обраний патерн спрямованості. Мікрофон має рівень шуму 7dB-A SPL, що набагато нижче за показники вінтажних мікрофонів і порівняємо з рівнем кращих із сучасних.

Townsend Labs Sphere L22 працює без кліпування із сигналами до 140dB. На відміну від деяких вінтажних мікрофонів, сигнали та потоки повітря у високим тиском не можуть його пошкодити. Використовуючи подвійний капсюль та два виходи, мікрофон може більш точно знімати звук, враховуючи спрямованість та дистанцію до джерела звуку. Це дозволяє системі Sphere точно моделювати типи різних мікрофонів. Інші системи натомість просто використовують еквайзери та зробити подібне не складно.

Система Townsend Labs Sphere L22 – прецизійний двоканальний мікрофон та плагін у якому здійснюється весь процесинг для моделювання потрібного звучання. Використання процесингу в плагіні, а не мікрофоні має великі переваги, дозволяючи користувачеві змінювати налаштування вже після запису.

Мікрофонний підсилювач Dbx 286S - це «одноканальний пристрій, оснащений п'ятьма динамічними обробниками, включаючи компресор, де-есер з регульованою частотою, енхансер для низьких і високих частот, а також експандер/гейт» [43]. Пристрій має збалансований мікрофонний вхід з роз'ємом XLR і лінійні входи (phono jack), обрізний фільтр ВЧ на вході (частота зрізу 80 Гц), фантомне живлення 48 В, роз'єм для підключення зовнішніх пристроїв, світлодіодні індикатори вхідного рівня та глибини компресії. Присутні симетричні входи та виходи, вбудований блок живлення та дискретні регулятори.

П'ять систем обробки сигналу завдяки яким мікрофонний підсилювач може функціонувати незалежно або в будь-яких комбінаціях відповідно до потреб. Прецизійний мікрофонний підсилювач має широкодіапазонне регулювання вхідного рівня. Компресор, що працює в режимі OverEasy, непомітно згладжує всі нерівності у вокальному виконанні та незамінний при записі «близького» рок-вокалу. Шиплячі звуки у вокалі і високочастотні спотворення в звуку тарілок чудово видаляються десером з частотною характеристикою, що перебудовується.

Блок Enhancer має точні регулювання у діапазонах високих та низьких частот. Роздільні регулятори порога та рівня редакції секції Expander/Gate дозволяють повністю відбудуватися від будь-яких зовнішніх перешкод. Набір вимірювальних та статусних індикаторів дозволяє візуально відстежувати всю роботу приладу. На додатковий 1/4" TRS джек можлива подача симетричних і несиметричних лінійних сигналів для обробки електронних інструментів або аудіоматеріалу, записаного на стрічку. Розрив між мікрофонним підсилювачем і секціями обробки може використовуватися

для підключення зовнішніх пристроїв обробки (наприклад, еквайзера, або служити відведенням сигналу для інших цілей).

Dbx 286S - це потужний пристрій, що дозволяє швидко та інтуїтивно керувати процесом обробки мікрофонного сигналу під час запису вокалу, акустичних інструментів, семплювання акустичних звуків.

Yamaha HS7 – це активний двосмуговий студійний монітор ближнього поля, призначений для застосування у невеликих студіях та прослуховування власного сигналу як для вокаліста, так і для клавішного музиканта та діджея.

Кабінет Yamaha HS7 пропонує 6,5-дюймовий НЧ-динамік з конусом та купольний ВЧ-динамік діаметром 1”, які забезпечують рівну АЧХ та широкий кут поширення звуку. На тильній панелі АС розташований фазоінвертор, завдяки якому ви отримаєте більш насичений нижній діапазон частот. До основних особливостей монітора належить схема подвійного посилення (bi-amp): це означає, що окремо посилюється сигнал на низькі/середні і високі частоти. Забезпечується широкий частотний діапазон від 43 Гц до 30 кГц.

У корпусі Yamaha HS7 знаходяться два підсилювачі потужністю 60 та 35 Вт. На тильній поверхні кабінету можна знайти два балансні входи: один XLR-F і один 1/4" TRS Jack. Там же є регулятор гучності та два перемикачі HIGH TRIM і ROOM CONTROL: перший керує роботою ВЧ-підсилювачів, зменшуючи або збільшуючи рівень сигналу на +/- 2 дБ, а другий перемикач підлаштовує нижньочастотний діапазон (0/-2/-4 дБ), допомагаючи уникнути непотрібних відбитків.

Перемикачі рекомендується використовувати для налаштування відповідно до конфігурації приміщення, а також рекомендується використовувати дані монітори у зв'язці з сабвуфером Yamaha HS8S.

Монітор ближнього поля Yamaha HS7 є професійним інструментом для різних студій, включаючи домашні, і також відмінно підійде для музикантів-початківців а також і до досвідчених, яким потрібні системи персонального моніторингу.

Особливості студійного монітора Yamaha HS7:

- Активний монітор ближнього поля. Може використовуватись для персонального моніторингу Схема подвійного посилення (bi-amp).
- НЧ-динамік діаметром 6,5” та купольний ВЧ-динамік діаметром 1” .
- Перемикачі HIGH TRIM та ROOM CONTROL для підстроювання високих та нижніх частот відповідно до конфігурації приміщення.
- Потужність 60+35 Вт.

ADAM A8X – це професійний активний двосмуговий студійний монітор, призначений, як для професійних студій, так і для музикантів та для меломанів.

Він входить до серії AX німецького виробника ADAM Audio. Його можна використовувати в контрольних кімнатах, для постпродакшну або як персональний монітор – сфера застосування дуже широка. До основних особливостей монітора відноситься схема подвійного посилення (bi-amp): окремо посилюється сигнал на низькі і середні, і окремо на високі частоти. ШИМ-підсилювач для нижніх частот пропонує номінальну потужність RMS в 150 Вт, при цьому такий підсилювач не вимагає додаткових радіаторів і є більш надійним, ніж інші типи підсилювачів. Для верхніх частот використовується підсилювач класу А/В потужністю 50 Вт.

В DAM A8X використовується фірмовий стрічковий твітер X-ART діаметром 1” на основі тонкої плісованої фольги, розміщений у кабінеті разом з НЧ/СЧ-драйвером 8,5” з композитного матеріалу, що складається з вуглецевого та скловолокна, а також пінопласту Rohacell. Два порти фазоінвертора розташовуються на фронтальній панелі, що дозволяє встановлювати монітор поруч із стіною. Також на фронтальній панелі є два світлодіоди – живлення та активності. На металевій тилівій панелі можна знайти балансовий роз'єм XLR та небалансні RCA. Передбачено еквалізацію верхнього діапазону частот за допомогою гвинта TWEETER LEVEL (діапазон – +/- 4 дБ). Також є шельфові фільтри з діапазоном регулювання +/-6 дБ: корекція здійснюється в діапазоні нижче 300 Гц та вище 5 кГц.

ADAM A8X також містить вбудований кросовер, що розділяє сигнал на частоті 2,3 кГц. На фронтальній панелі можна знайти вимикач живлення та регулятор чутливості.

Професійні студійні навушники відкритого типу OneOdio Monitor c 80 c розширеним частотним діапазоном для моніторингу в студії та аудіофілів.

Особливості:

- Відкритий акустичний тип - дозволяє розкрити всі деталі та обсяг треку.
- Складна та поворотна DJ конструкція.
- Драйвери з високим імпедансом гранично точно передають найменші нюанси композиції.
- Велюрові амбушури забезпечують комфорт протягом усього робочого дня.
- Технологія SharePort – можливість підключити ще одну пару навушників для спільної роботи.
- Надійність конструкції - полімерні та композитні матеріали, що використовуються, забезпечать тривале використання.

Мікшер Mackie ProFX12v3 - це 12-канальний пристрій з вбудованим процесором ефектів та USB. Його 24-бітні/192-кГц конвертери роблять його відмінним вибором для живого звуку, домашнього запису та контент-креативу. Має вбудований аудіоінтерфейс (2 входи, 4 виходи) для студійної якості запису, а підсилювачі Onyx забезпечують хедрум більше 60 дБ. З однорегуляторними компресорами, MIDI-контролером Behringer X-TOUCH та підтримкою протоколів HUI та Mackie Control для інтеграції з DAW. Має 9 автоматизованих фейдерів, 8 динамічних РК-смуг, інтерфейс Ethernet для RTP MIDI та інші зручні функції. Вбудований USB MIDI інтерфейс, multi-TT USB hub, роз'єми для футсвітча та низьке енергоспоживання роблять його потужним і зручним у використанні.

3.3 Творча діяльність звукорежисера в студійній практиці

Звукорежисура – це творче керівництво та організація процесу запису музичного, драматургічного, літературного твору, документального, навчального та іншого матеріалу для подальшого неодноразового відтворення, передачі та зберігання. В даний час склалося шість напрямків (або видів) звукорежисури, кожен з них має свої характерні риси та особливості:

- 1.Музична чи концертна звукорежисура.
2. Архівна або реставраційна звукорежисура.
3. Саунд-дизайн.
4. Театральна звукорежисура.
- 5.Звукорежисура кінематографа.
- 6.Звукорежисура телебачення та радіо.

Робота звукорежисера - це творчий процес, що включає утворення звукових художніх образів, формування звукової палітри та драматургічної концепції твору, а також створення та обробка нових звуків.

Областю професійної діяльності звукорежисеру є звукорежисура культурно-масових вистав та концертних програм; театрально-видовищне мистецтво, дозвілля, рекреація, туризм та спорт; арт-менеджмент, продюсування та саундпродюсування; звукорежисерська творчість; художня освіта та виховання. Ця професія користується попитом у звукозаписі, театрі, на телебаченні та радіо, у кіноіндустрії, виробництві музики та аудіоспектаклях, у проведенні концертів, обробці (реставрації) звуку, оформленні звуком інтернет-сайтів.

Професійний звукорежисер, як правило, має музичну освіту, володіє технічними аспектами професії, добре знає фізичні особливості звуку, розуміється на музичній психоакустиці. Звукорежисер здійснює запис, відтворення, обробку, зведення звукових компонентів за допомогою технічних засобів.

У звуковій студії звукорежисер – центральна фігура, та його робота визначає кінцевий продукт її діяльності. Хоча звукорежисер може не мати професійних навичок у музиці, важливо, щоб він мав музичну культуру, високий слух, відчуття ритму та глибоке розуміння музичної творчості різних композиторів, диригентів, музикантів і вокалістів. Важливо враховувати, що особа без вроджених музичних здібностей не зможе успішно працювати у сфері професійного звукозапису.

Головне завдання звукорежисера полягає в тому, щоб за допомогою наявних технічних засобів передати слухачеві мистецтво виконавця та відчуття навколишнього виконання обстановки. Він має створити у місці прослуховування передачі звукову картину, яка у всій своїй повноті та у всьому різноманітті донесе до слухача творчість автора твору, виконавців та самого звукорежисера. Така звукова картина часом є не просто зменшеною «радіокопією» живого виконання якогось твору в концертному залі чи на сцені театру, а результатом найскладнішої радіофонічної роботи, яку можна здійснити, лише залучаючи багатий технічний арсенал звукових студій. Позитивний ефект безпосередньо пов'язаний із художнім смаком звукорежисера, з його здатністю правильно прочитати музичну партитуру чи літературний сценарій, з його вмінням працювати з виконавцями та технічним персоналом студій.

Три основні складові роботи звукорежисера:

- робота зі звуком;
- робота з партитурою (мовним текстом);
- робота з виконавцем / актором / музикантом.

Робота з партитурою (текстом) – це контроль із боку звукорежисера за відповідністю деяких параметрів змісту початковому тексту. Тут на звукорежисера покладаються обов'язки щодо відстеження:

- правильності виконання тексту (невірних нот, помилок у знаках альтерації, вірності сказаних слів тощо.);
- інтонаційного ладу (фальшивих звуків);

- ладу інструментів;
- злагодженість виконання (ансамбль).

Решта всіх параметрів – темп і манера виконання, агогіка, нюансування – не входять до компетенції звукорежисера. Робота з виконавцем передбачає створення звукорежисером у процесі запису такої психологічної атмосфери, що дозволила б виконавцю реалізувати найкращий варіант.

Робота з партитурою та співпраця з виконавцем не завжди є обов'язковими в усіх аспектах звукозапису, таких як трансляція. Однак характерна риса звукозаписної діяльності полягає в тому, що робота зі звуком практично завжди включена в процес незалежно від його типу.

Основними характерними властивостями звучання є:

- що звучить;
- хто виконує;
- як виконує.

Сукупність цих трьох пунктів можна назвати змістовним компонентом фонограми, або змістом.

Робота звукорежисера в студії теж має низку особливостей. Технологія цифрового звукозапису є складним процесом. У середньому робота над одним записом голосу без фону у готовому вигляді триває 2-3 години, пісні – тиждень, симфонії (якщо кожен інструмент записується окремо) – близько півтора місяця. Сьогодні естрадні виконавці пишуть свої альбоми іноді по 3-4 роки, воліючи вибирати окрему студію для запису голосу, окрему - для запису ударних і т.д. і т.п. Все залежить вже тільки від прагнення, завзятості та фінансових питань.

Процес цифрового звукозапису можна поділити на кілька етапів: запис, обробка, зведення, мастеринг.

Потрібно максимально точно передати звучання інструментів у записі. Для цього необхідно розуміти характеристики кожного інструменту та знати, який мікрофон найкраще використовувати, а також у якому положенні він має бути. Наприклад, для запису вокалу та акустичних інструментів найбільш

поширеними є конденсаторні мікрофони. Це високочутливі пристрої, які працюють при напрузі 48 вольт. Для визначення придатності конкретного мікрофона для конкретної мети важливо знати його технічні характеристики.

Залежно від поставленого завдання музиканти записуються або окремо, або разом. Але в будь-якому випадку, завданням є отримати запис кожного інструменту максимально чистим та відокремленим від інших сигналів. Тобто, якщо це звук гітари, то при прослуховуванні цієї доріжки має бути чути лише гітару і нічого більше. Саме тому музиканти використовують у студії навушники, в яких вони чують інших музикантів, і метроном, яким можуть орієнтуватися в темпі. А мікрофон при цьому ловить тільки корисний сигнал.

Чим краще та якісніше музиканти виконають свої партії, тим менше роботи на наступних етапах і тим краще у підсумку виходить результат.

Переговори звукорежисера з виконавцями, що знаходяться в студії, і команди про початок запису та її зупинки здійснюються за допомогою переговорного пристрою, що найчастіше входить у комплектацію пульта мікшера.

Після того, як у процесі запису отримано аналоговий звук високої якості, тобто відрегульовано всі установки пробним шляхом у необхідному звучанні – з мікшера до звукової карти студійного комп'ютера виходить шнур, який несе аналоговий сигнал до лінійного входу. Відбувається процес перетворення аналогового звуку на цифровий.

Лінійний вхід у цьому випадку можна розглядати як своєрідну межу між аналоговим та цифровим сигналом. Потім звук проходить через АЦП, що означає аналогово-цифровий перетворювач, пристрій, який змінює вхідний аналоговий сигнал у дискретний код (цифровий сигнал). Зазвичай АЦП - це електронний пристрій, який перетворює напругу на двійковий цифровий код, тобто аналоговий сигнал, отриманий від мікрофона, перетворюється в цифровий код, повністю представлений мовою одиниць і нулів - бінарним кодом.

В результаті на комп'ютері з'являється безліч аудіодоріжок, на яких окремо записані інструменти, і з цих доріжок створюється одна композиція.

Сучасні програмні досягнення в області редагування звуку сприяють тому, що в процесі обробки можна змінити звук, отриманий під час запису, до невпізнання. Наприклад, можна змінити тембр звучання гітари, можна накласти відлуння, колосальну реверберацію, при якій створиться відчуття присутності на величезному стадіоні або навпаки – повністю позбутися її, отримавши ефект присутності в безпосередній близькості до гітариста.

Нові електронні засоби обробки дають можливість створити дуже ефектне звучання, враження руху солюючих інструментів у глибину простору, збагачувати звучання рядом відтінків, ефектів і трюків, таких як відлуння, дроблення загасаючого звуку, нашарування гармонії одна на одну тощо.

Обробка отриманих звуків не займає багато часу, якщо музична група, що бере участь у записі, не захоче накласти яких-небудь додаткових ефектів на записані файли. Не слід забувати, що вдало записаних варіантів завжди кілька – всі вони можуть по-різному звучати, проте можливість вибору має залишатися аж до фінального прослуховування готового твору.

Вокал зазвичай чиститься від «плівків», «піків» та інших звуків, які небажано пропускати в запис. Звуки вдихів перед фразою, що звучить, дуже часто не забираються для естетики і краси звучання.

Музичні інструменти в записаному вигляді очищаються від непотрібних клацань, можливого фону, що йде білим шумом, нечутного до останнього моменту - свого роду підводного каміння. Існує кілька видів аналізу записаних звукових файлів спеціально для цього. Візуально вони відображаються по-різному, хоч і обробляють один і той самий звуковий файл.

Після обробки слідує етап зведення. Він необхідний для того, щоб звести в єдине ціле окремі оброблені «шматочки», що вийшли після запису різних інструментів та вокалу. Відповідно, якщо записується лише один інструмент або один голос і більше нічого, процес зведення опускається. Зведення – це процес створення кінцевого запису – однієї стереодоріжки – з окремих

доріжок, у якому приділяється увага таким аспектам як баланс гучності, панорамування, щільність звучання та розставляння ефектів. У процесі відомості, крім того, що потрібно з'єднати в єдине ціле безліч аудіо-доріжок, потрібно ще постаратися позбавитися комп'ютерного звучання, щоб грало максимально динамічно і красиво. Зокрема, потрібно вирішити, з якою гучністю повинен звучати кожен інструмент, який ефект можна додати і скільки.

Результатом зведення виступає скомпільований запис, який, проте, все ще далекий від ідеалу. Сигнал, отриманий після зведення, недостатньо відповідає стандартам. Він недостатньо гучний і не має достатньо рівної частотної характеристики. Тому необхідний мастеринг – заключний етап створення аудіокомпозиції.

Мастерингом називається процес, при якому готовий звукозапис обробляють необхідним для правильного звучання чином. Зведені треки підганяються під один стандарт гучності та звучання. При мастерингу проводиться частотна корекція на всю композицію повністю, а ні на окремі інструменти.

По-перше, необхідно точно уявити загальну картину звучання. А ще краще – запитати, як її бачать учасники групи. По-друге, тепер слід точно визначити звучання кожного конкретного інструменту. Якщо воно таким не є, в хід йдуть і програмні пристрої - плагіни, які обробляють звук. Потім, щоб отримати загальний вигляд, весь звукозапис повністю піддається загальній обробки – наприклад, накладається загальна реверберація, чи застосовується загальний еквайзер – якісь частоти менше чутні, якісь більше. Зрештою, саме мастеринг вирішує, як звучатиме пісня. Причому слід уточнити, що, залежно від способу поширення готового продукту, мастеринг слід змінювати. Якщо гурт збирається викласти все на своєму інтернет-сайті, то майстеринг має бути одним, якщо просто необхідно відправити пісню на радіо – іншим (навіть є поняття radioedit – радіоверсія). Якщо продюсер гурту збирається поширювати альбом гурту на CD, то майстеринг повинен відповідати

абсолютно іншим поняттям, причому він, як правило, однаковий для всього альбому (він так і називається – «загальний мастеринг»), здійснюється зі зміною частоти дискретизації на 44,1 кГц . Саме тому існує думка, що звукозапис і зведення повинна робити одна людина, а мастеринг – інша. Іноді тим та іншим займаються різні студії з використанням усього персоналу.

Слід зазначити, що процес запису естрадної, танцювальної, альтернативної та іншої сучасної популярної музики, включаючи деякі напрямки джазу, навіть за концепцією кардинально відрізняється від запису класичної музики.

Справа в тому, що більшість музичних інструментів, які ми чуємо на цих записах, не мають власного акустичного звучання. І відмінності тембрів, наприклад, електрогітар і синтезаторів визначаються як способом звуковидобування, а й розташуванням, схемою підключення та електричними параметрами різних датчиків, підсилювачів і генераторів. Тому уявлення про те, як повинен звучати той чи інший музичний інструмент, на відміну від класичної музики, достатньо розмиті. Те, як вони звучатимуть, більше залежить від обраної звукової концепції, стилю, характеру виконання, ефектів, що використовуються. Також і вокальні партії на записах популярної музики не завжди звучать так, якими їх можна почути при «живому» виконанні.

Звукорежисеру тут надано велику свободу для повнокровної участі в процесі зародження звуку. Його завдання, використовуючи всі доступні акустичні та електронні засоби, створити закінчений музичний образ твору. І ціль більш схожа на синтез кінцевого продукту, ніж на адекватну передачу бездоганної виконавської інтерпретації.

Можливість виконання закінченого циклу робіт, від первинного запису до отримання готового результату, передбачає цифрова звукова робоча станція (Digital Audio Workstation, DAW) – електронна або комп'ютерна система, призначена для запису, зберігання, редагування та відтворення цифрового звуку. Сучасні DAW є інтегрованими програмно-апаратними рішеннями, або програмним забезпеченням, що працює на комп'ютерах з

аудіоінтерфейсом. Звукові робочі станції на базі комп'ютерів містять програмний комплекс, що складається із звукового редактора та додаткових модулів обробки звуку (плагін), а також апаратну частину, яку можна змінювати залежно від потреб студії звукозапису.

Звук - це об'єктивне фізичне явище, представлене коливальним процесом, що породжує хвилі у пружному середовищі та швидко їх розповсюджує. З іншого боку, звук - суб'єктивне психологічне явище, що сприймається слухом та формує образ у свідомості.

Всі звуки можна класифікувати як шуми або музичні. Шуми відбивають неперіодичні коливання нестійкої частоти та амплітуди, тоді як музичні звуки представляють собою періодичні коливання. Розділова лінія між цими категоріями не завжди чітка. Наприклад, акустична складова шуму часто може мати виражений музичний характер та містити різноманітні тони, які легко вловлюються досвідченим вухом.

В окремому звуку сприйняття виділяє п'ять основних властивостей: гучність, тембр, висота, тривалість, просторова локалізація.

Результатом роботи із звуком є звуковий образ. Звуковий образ – одне з основних понять музичної звукорежисури, оскільки більшість роботи звукорежисера є створення звукового образу фонограми. Саме звуковий образ, а чи не вся фонограма загалом, є продуктом його індивідуального творчості, бо фонограма – продукт колективної праці композитора, виконавця, музичного редактора, звукорежисера, інженера запису та ще низки інших фахівців. Тому звуковий образ - область персональної відповідальності звукорежисера.

Звуковий образ - інформаційний потік, що розкриває зміст і дає зрозуміти слухачеві, як воно звучить. Це інформація, яка дає слухачеві можливість визначити такі параметри звучання змісту:

- простір, у якому знаходилося джерело (джерела) звуку;
- розташування джерела (джерел) звуку по глибині;

- співвідношення гучності звучання джерел звуку щодо одне одного (якщо джерел звуку більше одного);
- амплітудно-частотну характеристику джерела (джерел) звуку (тембр);
- помітність змісту окремих голосів (якщо джерел звуку більше одного);
- розташування джерела (джерел) звуку по панорамі (якщо використовується система об'ємної звукопередачі).

Аналіз звукового образу проводиться за низкою традиційно усталених параметрів, зведені в оціночний протокол. До складу оцінного протоколу входять такі пункти:

- Просторове враження. - Це характеристика акустичного простору, що відчувається слухачем (реального або віртуального), в якому знаходиться чутне джерело (джерела) звуку. При цьому оцінюється відповідність акустичного простору музичному стилю чи драматургії змісту.
- Акустичний баланс. - Співвідношення прямих та відбитих сигналів. Тут оцінюється розташування та переміщення джерел звуку по глибині, а також наявність чітко виражених звукових планів (глибинних пластів).
- Музичний баланс. Співвідношення прямих сигналів. Оцінюється логічність рівнів звучання джерел звуку щодо одне одного: або з погляду достовірності передачі природного першоджерела, або з погляду драматургічного відповідності змісту.
- Тембропередача. Оцінюється логічність амплітудно-частотної характеристики джерел звуку або з точки зору достовірності передачі природного джерела, або з точки зору драматургічної відповідності змісту.
- Прозорість. Прослуховування голосів у багатоголосній партитурі. Тут оцінюється помітність окремих голосів у багатоголоссі. За ідеальної прозорості можливе повне відновлення партитури способом «музичного диктанта» при багаторазовому прослуховуванні фонограми.
- Стереофонічне враження. - Локалізація джерел звуку у горизонтальній площині. Оцінюється логічність розташування джерел звуку панорамою.

- Наявність артефактів. Вказуються події, яких не повинно бути у фонограмі: різного роду спотворення та перешкоди, шуми, погано зроблені монтажні склеювання, а також склеювання, помітні за манерою виконання, різницею темпів, різницею у строю, зміною рівня сигналу тощо.

Стислість такого протоколу передбачає, передусім, високу професійну досконалість звукового образу фонограми, представленої з метою оцінки. Крім того, характерною ознакою є й те, що в основу не «природність звучання», а «логічність». Справді, не можна говорити про «природність», коли багато сучасних композицій ніколи не виконувалися наживо, а з'являлися лише на компакт-дисках, цілком і повністю являючи собою дітище апаратно-студійного комплексу. Але навіть у таких композиціях існує музична логіка щодо просторового враження, і музичного балансу, і прозорості.

Акустика навіть зразкових концертних залів не є абсолютною за якістю, але оскільки вдосконалення апаратних засобів електроакустичного тракту відбувалося досить швидко, то виникла реальна можливість за допомогою технічних засобів емулювати у звуковому образі практично ідеальну акустику.

Провідним постулатом традиційної (класичної) звукорежисури є природність: допускається тільки те, що можливо в природі зараз або стане таким надалі.

Від самого моменту народження звукозапису найголовнішим вектором розвитку цього виду людської діяльності було прагнення домогтися найвищої для даного рівня техніки достовірності звучання, тобто максимально можливого наближення штучного звучання до природного. Це цілком закономірно, тому що через недосконалість звукопередавального тракту істотна відмінність між природним першоджерелом і звуковим образом, який створюють акустичні агрегати (гучномовці), була очевидною і не потребувала доказу. [12,15,16]

ВИСНОВКИ

Підбиваючи підсумки стає зрозумілим, що акустичний дизайн як і робота звукорежисера - це область знань, що знаходиться на стику науки та мистецтва.

Також відповідно до поставленої мети та визначених задач результати дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Проведено дослідження історії розвитку студій звукозапису та зародження звукових технологій. За час з моменту появи фонографа, перших експериментів, відкриттів та винаходів у галузі науки і техніки, що підготували ґрунт для появи у 1920-1930 роках абсолютно нового напрямку творчої діяльності – звукорежисури. Ця нова творча галузь володіє своїми власними художніми виражальними засобами. За практично століття професія звукорежисера пройшла шлях від суто технологічної функціональності у звукозаписній галузі до повноцінної творчої співучасті у створенні музичних творів наряду з авторами та виконавцями.

2. У ході виконання роботи на підставі вивчення джерел та проведених розрахунків було обрано та описано облаштування студії звукозапису. В ході дослідження, зокрема, виявлено, що питання теоретичних основ акустики приміщень, в тому числі – теорії акустики, активно реалізуються у вітчизняній науковій літературі.

3. В даному магістерському дослідженні здійснено розрахунок стандартного часу реверберації для запроєктованого студійного приміщення та доведено, що у разі вибору запропонованих у роботі матеріалів для обробки студії можна не тільки досягти оптимальних значень часу реверберації та АЧХ студії, а й дотриматися всіх вимог нових стандартів санітарно-епідеміологічного та пожежного контролю;

4. Під час роботи над дослідженням було окреслено традиційні вимоги до студійного обладнання відповідно до акустичних параметрів студійних

приміщень. Було зроблено висновки що необхідно приділяти особливу увагу забезпеченню звукоізоляції і віброізоляції студій.

5. У ході розгляду особливостей творчої діяльності звукорежисера було усвідомлено зростання міри впливу сучасного мистецтва, пов'язаного з інтенсивним розвитком засобів масової комунікації, що дозволило впливати на культуру сучасного суспільства. За останні десятиліття роль звукорежисера у формуванні та розвитку сучасного мистецького простору значно зросла, і в першу чергу це сталося у зв'язку з розширенням його творчої участі в різноманітних сферах мистецької діяльності, що пов'язана з інтенсивним розвитком сучасних засобів масової комунікації – як традиційних (телебачення, студійний звукозапис, радіомовлення, кінематограф), так і новітніх (інтернет-продакшн, мультимедіа тощо).

Від естетичних концепцій звукорежисера, його музичної культури, художнього смаку та творчого використання ним усієї палітри сучасних засобів художньої виразності значною мірою залежить рівень музичної культури сучасного суспільства. Науково-технічна революція наприкінці ХХ століття дала звукорежисерові широкі можливості для використання синтезованих звучань як основи розвитку нових напрямів мистецтва, для повноцінної реалізації просторового звукового / звуко-зорового образу, для управління параметрами звучання художнього твору, а також – для надання йому додаткової унікальної художньої виразності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акустичні декоративні панелі URL: <https://acoustic.ua/production/361> (дата звернення: 15.11.2023).
2. Акустичні перфоровані панелі URL: <https://www.shumanet.ua/productions/ceiling/decoustic/Decoustic/> (дата звернення: 15.11.2023).
3. Ананьєв А. Акустика для звукорежисерів: навч. посіб. Київ: Феникс, 2012. 251 с.
4. Ананьєв А. Елементи музичної акустики: навч. посіб. Київ: Феникс, 2008. 224 с.
5. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: навч. посіб. Харків: УЦЗ України, 2007. 257 с.
6. Вітвицька Є. В. Акустика залів: навч. посіб. Одеса: Астропринт, 2002. 144 с.
7. Грінченко В. Т. Теоретичні основи акустики: навч. посібник. Київ: 1998. 374 с.
8. Грінченко В.Т., Дідковський В.С., Маципура В.Т. Теоретичні основи акустики: навч. посібник. Київ: ІЗМН, 1998. 376 с.
9. Грінченко В.Т., Вовк І.В., Маципура В.Т. Основи акустики: навч. посібник. Київ: Наукова думка, 2007. 640 с.
10. Державні будівельні норми. Будівельна акустика: ДБН В.2.6-ХХ:2010. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України, 2010. 87 с.
11. Десятник Г.О., Бадіон С.В. Професія звукорежисер: тексти лекцій. Київ: Інститут журналістики КНУ, 2019. 69 с.
12. Дідковський В. С. , Маркелов П. О. Шум і вібрація: підручник. Київ: Вища шк., 1995. 263с.
13. Залізний А. І. Наш друг - грамплатівка: Записки колекціонера. Київ: Муз. Україна, 1989. 279с.
14. Кнудсен В. О. Архітектурна акустика. Харків: Держ. науково-техн. вид-во України, 1936. 525с.
15. Красильников І. М., Завириліна С. Н. Основи теорії і практика комп'ютерного аранжування музичних творів. Електронні музичні інструменти. Тольятті: ПрінтС, 2006. 40 с.
16. Луньова С.А., Богданов О.В., Заєць В.П. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Акустичний проект приміщення»:навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2012. 60 с.

17. Луньова С.А., Дідковський В.С., Педченко О.І. Акустика мовотворення: навч. посіб: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 135 с.
18. Мащенко І.Г. Термінологічний словник: телебачення, радіомовлення, кіно, відсапо, аудіо. Енциклопедія електронних мас-медіа. Запоріжжя: «Дике поле», 2006. 384 с.
19. Ньюелл, Ф. Project-студії. Маленькі студії для великих записів Вінниця: Книга-Вега, 2002. 271 с.
20. Огороднійчук М.Д. Аналогові електронні пристрої: підручник. Київ: Київський ін-т ВПС, 2000 232 с.
21. Протопопов Г. В. Акустика та теорія ультразвуку. Одеса: МВССО УРС, 1972. 256с.
22. Пройдаков Е.М., Теплицький Л.А. Англо-український тлумачний словник з обчислювальної техніки , інтернету і програмування. Київ: Видавничий дім «СофтПрес», 2005. 320с.
23. Рязанцев Л. Звукорежисюра: навч. посібник. Київ: ДАКККіМ, 2009. 144 с.
24. Сергійчук О.В. Будівельна фізика. Акустика: навч. посіб. Київ: УМК ВО, 1992. 120 с.
25. Сотовий полікарбонат URL: <https://polycarbonate.net.ua/catalog/cotovyj-polikarbonat/tolschina-4mm> (дата звернення: 15.11.2023).
26. Хорошко В.А., Чекатков А.А. Методи та засоби захисту інформації. Київ: Юніор, 2003. 504 с.
27. Шип В.С. Музична форма від звуку до стилю: навч. посіб. Київ: Заповіт, 1998. 386 с.
28. Щоцький Б.І. До історії розвитку акустики України. Кафедра акустики НТУУ «КПІ». *Акустичний вісник*. 1998. -Т. 1, N 4. С. 65-71.
29. Allen K.L. Vectorworks for Entertainment Design: Using Vectorworks to Design and Document Scenery, Lighting, and Sound: EFI UK, 2014. 227 с.
30. Ando Y. Opera House Acoustics Based on Subjective Preference Theory. Tokyo: Springer. 2015. 179 с.
31. Ando Y. Concert hall acoustics. Berlin: Springer. 1985. 154 с.
32. Ahnert W, Steffen F. Sound reinforcement engineering: fundamentals and practice. London: E & FN Spon. 1999. 412 с.
33. Barron M. Auditorium Acoustics and Architectural Design. London: Chapman & Hall. 1993. 489 с.
34. Barron M. Auditorium Acoustics and Architectural Design. Second Edition. T & F Books UK, 2009. 224 с.
35. Bartmanski D. Vinyl: The Analogue Record in the Digital Age. Routledge UK 2020. 208 с.
36. Beranek L. Music, Acoustics and Architecture. N. Y.: Acoustical Society of America, 1996. 491 с.

37. Beranek L. Concert and Opera Halls: How They Sound. USA: Focal Press 1996. 367 c.
38. Flynn A. Clear and Unbiased Facts About Cd Duplication. EFI USA. 2015. 127 c.
39. Giddings P. Audio Systems Design and Installation. Focal Press. 1997. 574 c.
40. Katz M. Capturing Sound: How Technology Has Changed Music University of California Press USA 2010. 336 c.
41. Kuehnl E. Audio Production Basics with Ableton Live. Rowman & Littlefield Publishers USA 2020. 304 c.
42. Miller R. Better Sound from your Phonograph: How come? How-to! Filmmaker Technology USA 2022. 145 c.
43. Nyquist N. The EQ and Compression Formula: Learn the step by step way to use EQ and Compression together. Independently published 2018. 57 c.
44. Pfanzagl-Cardone E. The Art and Science of Surround and Stereo Recording: Including 3D Audio Techniques” .Springer NY USA 2018. 436 c.
45. Rayburn R.A. Eargle's The Microphone Book, Third Edition: From Mono to Stereo to Surround - A Guide to Microphone Design and Application (Audio Engineering Society Presents). Focal Press USA 2011. 480 c.
46. Solomos M. From Music to Sound: The Emergence of Sound in 20th- and 21st-Century Music (Routledge Research in Music) Published by Routledge UK, 287 c.
47. Vicoustic VicPattern Ultra Wavewood URL: <https://sound-design.kiev.ua/ua/p1355705864-vicoustic-vicpattern-ultra.html>(дата звернення: 15.11.2023).
48. Vicoustic Vic Pattern Ultra Wavewood URL: <https://sound-design.kiev.ua/ua/p1355705864-vicoustic-vicpattern-ultra.html>(дата звернення: 15.11.2023).
49. Vicoustic Super Bass Extreme Ultra URL: <https://sound-design.kiev.ua/ua/p749880919-vicoustic-super-bass.html>(дата звернення: 15.11.2023).
50. Vicoustic VicTotem Ultra VMT Natural Oak URL:<https://www.prodj.com.ua/soundproof-stands-screens-stands/vicoustic-victotem-ultra-vmt.html>(дата звернення: 15.11.2023).
51. Vicoustic Multifuser Wood 36 URL: <https://audioshop.com.ua/vicoustic/multifuser-wood-36/>(дата звернення: 15.11.2023).
52. Vicoustic Vari Bass URL: <https://soundmaster.ua/vicoustic-vari-bass> https://vsedveri.ua/ru/porta_zvukoizoliatsionnye_42_db/ (дата звернення: 15.11.2023)

53. Zaharov N. Sensory Evaluation of Sound. EFI UK 2020. 202 c.
54. Zala P. How to Make Great Music Mashups: The Start-to-Finish Guide to Making Mashups with Ableton Live. PHI USA 2018. 221 c.

ДОДАТКИ

Додаток А

Коефіцієнт поглинання матеріалів залежно від частоти

Виріб	Ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання при середньгеометричних частотах октавних смуг, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	2	3	4	5	6	7
Бетон	0.01	0.012	0.016	0.019	0.023	0.035
Цегляна стіна	0.024	0.025	0.031	0.042	0.049	0.07
Штукатурка	0.020	0.024	0.034	0.030	0.028	0.043
Дерев'яна обшивка	0.098	0.11	0.10	0.081	0.082	0.11
Драпіровка, складки складками	0.07	0.37	0.49	0.81	0.66	0.54
Людина,	0,28	0,40	0,45	0,49	0,47	0,45
Диван	0,14	0,22	0,31	0,40	0,52	0,60
Вікно тон-зал/кімната прослуховування	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04

Двері	0,03	0,02	0,05	0,04	0,04	0,04
1	2	3	4	5	6	7
Ламінат	0,02	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07
Килими	0,01	0,05	0,26	0,47	0,54	0,7
Штори вікна	0,02	0,09	0,38	0,68	0,66	0,6
Decoustic 30/2, 4ШП, 2768x320x16, 4 мм, Дуб Рів'єра D 5291 PR, з відносом 100 мм	0,96	0,55	0,36	0,25	0,17	0,17
VicPattem Ultra Wavewood	0,09	0,36	0,77	0,9	0,74	0,73
WOOD SIDE VicTotem Ultra VMT	0,82	0,53	0,56	0,57	0,63	1,15
Дифузор Multifuse Wood 36	0,35	0,43	0,56	0,54	0,52	0,50

Додаток Б

Матеріали акустичного оздоблення та звукоізоляції контрольної кімнати

Тип поверхні	Матеріал	Площа, м ²
Підлога	Ламінат	21
Стіни	Decoustic 30/2, 4ШП, 2768x320x16, 4 мм, Дуб Рів'єра D 5291 PR, з відносом 100 мм	15,58
Стіни (виріз)	Стільниковий полікарбонат 4мм	3,68
Поглиначі	VicPattern Ultra Wavewood	4,25
Стеля	letwood 5L	11,16
М'які меблі	Диван	2,21
Бас-пастки (кути)	Super Bass Extreme Ultra	12,04
Штори вікна	Gammacooustic	7,5
Штучні бас-пастки	WOOD SIDE VicTotem Ultra VMT	5,72
Дифузори (стіни)	Дифузор Multifuse Wood 36	5,67
Дифузори (стеля)	Стеля Дифузор Multifuse Wood 36	4,25
Тверді меблі	Дерево	3
Килими	Вовняний звичайного типу	6
Двері	Двери Porta Звукоизоляционные 42 дБ	2,06
Штучні бас-пастки	Vicooustic Vari Bass	1,8
Вікно тон-зал/кімната прослуховування	Звукоізоляційні вікна 52дБ	2

Матеріали акустичного оздоблення та звукоізоляції тон-залу

Тип поверхні	Матеріал	Площа, м ²
Підлога	Ламінат	17,2
Стіни	Decoustic 30/2, 4ШП, 2768x320x16, 4 мм, Дуб Рів'єра D 5291 PR, з відносом 100 мм	12,59
Стіни (виріз)	Стільниковий полікорбонат 4мм	3,58
Поглиначі	VicPattern Ultra Wavewood	2,13
Стеля	letwood 5L, з відносом 200 мм та заповненням	12,36
Штори вікна	Gammaacoustic	7,5
Бас-пастки (кути)	Super Bass Extreme Ultra	14,87
Штучні бас-пастки	Vicooustic Vari Bass	3,6
Дифузори (стіни)	Дифузор Multifuse Wood 36	7,79
Дифузори (стеля)	Дифузор Multifuse Wood 36	4,25
Тверді меблі	Дерево	2
Килими	Вовняний звичайного типу	6
Двері	Двері Porta Звукоизоляционные 42 дБ	2,06
Вікно тон-зал/кімната прослуховування	Звукоізоляційні вікна 52дБ	2

Додаток В

План студії

