

Ім'я користувача: Кафедра академічного естрадного вокалу та звукор... ID перевірки: 1009425498

Дата перевірки: 30.11.2021 11:48:30 EET Тип перевірки: Doc vs Internet

Дата звіту: 30.11.2021 11:49:37 EET ID користувача: 100004420

Назва документа: Теплинський К. Перевірка 29.11

Кількість сторінок: 100 Кількість слів: 19967 Кількість символів: 149589 Розмір файлу: 1.74 MB ID файлу: 1009442202

## 14.3% Схожість

Найбільша схожість: 3.26% з Інтернет-джерелом (<https://ppt-online.org/1009413>)

14.3% Джерела з Інтернету

30

Сторінка 102

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

## 0.2% Цитат

Цитати

3

Сторінка 103

Не знайдено жодних посилань

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

89

## ВСТУП

**Актуальність** теми дослідження обумовлена тим, щоб ближче ознайомитися з методами організації робочого місця звукорежисера у студії звукозапису. У наш час це дуже актуальна тема тому що, студія повною мірою здатна допомогти музикантам будь-яких стильових напрямів у втіленні їхніх задумів. Сучасна людина не мислить свого життя без постійного звукового супроводу. Кіно, радіо, телебачення, шоу-програми, оформлені за допомогою якісного, продуманого звукового ряду, завжди привертають нашу увагу. Усі ці аспекти можна втілити саме в студії звукозапису.

Студія звукозапису, це всього лише інструмент, засіб, а як його використовувати - залежить від самих авторів. Комп'ютерні технології, як і всюди, здійснили переворот в технології звукозапису, зробивши його доступним мільйонам композиторів та музикантів

Дана магістерська робота торкається новітніх технологій татехнологічних досягнень у проектуванні студії. Зібрано багато матеріалів із різних джерел для прикладу та ознайомлення з певним технічним забезпеченням для реалізації роботи звукорежисера.

**Мета дослідження** полягає у виявленні специфіки проектування студій звукозапису, встановленні можливостей сучасних технологій у створенні музичного та звукового оформлення, запровадженні технологій звукозапису у домашньої студії звукозапису.

Для досягнення мети було необхідно виконати такі завдання:

1. Дослідити історію розвитку студій звукозапису.
2. Охарактеризувати види студій звукозапису.
3. Описати облаштування студії звукозапису.
4. Охарактеризувати особливості проектування студій звукозапису.
5. Проаналізувати технічне обладнання для проведення звукозапису.
6. Проаналізувати програмне забезпечення для запису і обробки звуку.

**Об'єкт дослідження** – студії звукозапису.

**Предмет дослідження** – особливості роботи студії звукозапису.

Для досягнення мети і реалізації завдань при виконанні роботи були використані такі **методи дослідження**:

– теоретичні: аналіз, систематизація та узагальнення літератури з проблем дослідження;

– емпіричні: порівняння видів професійної студії звукозапису, у визначенні необхідного об'єму знань звукорежисера при створенні домашньої студії звукозапису.

**Наукова новизна** даної роботи полягає у опрацюванні теоретичного, за допомогою якого виконується проектування студії звукозапису, визначенні особливостей студії, у виявленні необхідного об'єму знань звукорежисера при створенні студії звукозапису.

**Практичне значення** полягає у можливості впровадження отриманих результатів дослідження у діяльність звукорежисера з метою оптимізації роботи в сфері створення аудіовізуального продукту. Окремі положення та висновки роботи можуть бути використані також і у навчальному процесі при викладанні студентам-звукорежисерам дисциплін фахового циклу, зокрема предметів «Звукорежисура», «Мистецтво звукорежисури», «Студійна звукорежисура», Звукорежисура кіно та телебачення», «Мультимедійні технології».

Результати дослідження також можуть використовуватися при створенні власної студії звукозапису у домашньому форматі.

**Апробація результатів дослідження.** Основні результати дослідження обговорювались на Міжнародній заочній науково-теоретичній конференції

Публікації

Теплинський К.М. Основні види акустичних систем для роботи на студіях звукозапису //

За структурою магістерська робота складається зі вступу, основної частини (з двох розділів,

За **структурою** магістерська робота складається зі вступу, основної частини (з двох розділів, шести підрозділів), висновків, списку використаних джерел. Основний обсяг роботи становить сторінок, загальний - 106 сторінки.

## РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВУКОЗАПISУ

### 1.1. Історія розвитку студій звукозапису

Спроби створення апаратів, що відтворюють звуки, робилися ще Стародавню Грецію. У IV-II століттях до н. там існували театри саморухомих фігурок - андродів. Рухи деяких з них супроводжувалися звуками, що механічно витягуються, що складаються в мелодії.

В епоху відродження було створено цілу низку різноманітних механічних музичних інструментів, що відтворюють у потрібний момент ту чи іншу мелодію: шарманок, музичних скриньок, ящиків, табакерок.

Музична шарманка працює в такий спосіб. Звуки створюються за допомогою тонких сталевих пластинок різної довжини і товщини, розміщених в акустичній ящику. Для отримання звуку служить спеціальний барабан з виступаючими штифтами, розташування яких по поверхні барабана відповідає задуманій мелодії. При рівномірному обертанні барабана штифти зачіпають пластинки заданої послідовності. Заздалегідь переставляючи штифти інші місця, можна змінювати мелодії. Приводить у дію шарманку сам шарманник, обертаючи ручку.

У музичних скриньках для попереднього запису мелодії використовується металевий диск, на який нанесено глибоку спіральну канавку. У певних місцях канавки робляться точкові заглиблення – ямки, розташування яких відповідає мелодії. При обертанні диска, що рухається годинниковим пружинним механізмом, спеціальна металева голка ковзає по канавці і "зчитує" послідовність нанесених точок. Голка скріплена з мембраною, яка при кожному попаданні голки у канавку видає звук.

У середні віки були створені куранти - баштовий або великий кімнатний годинник з музичним механізмом, що видає бій у певній мелодійній послідовності тонів або виконує невеликі музичні п'єси. Такими є Кремлівські куранти та Біг Бен у Лондоні.

Музичні механічні інструменти - це лише автомати, що відтворюють штучно створені звуки. Завдання ж збереження на тривалий час звуків живого життя було вирішено значно пізніше.

За багато століть до винаходу механічного звукозапису з'явився нотний лист – графічний спосіб зображення на папері музичних творів. У давнину мелодії записувалися літерами, а сучасний нотний лист (з позначенням висоти звуків, тривалості тонів, тональності та нотними лініями) почав розвиватися з XII століття. Наприкінці XV століття було винайдено нотодрук, коли ноти почали друкувати з набору, подібно до книг.

Записувати і потім відтворювати записані звуки вдалося у другій половині XIX століття після винаходу звукозапису.

**Механічний звукозапис.** Першою людиною, яка висловила ідею звукозапису та звуковідтворення, був француз Шарль Кро.

Кро народився 1842 р. у Фабрезані (Франція). Сім'я його була талановита: брат – живописець та скульптор, син – поет. Сам Кро вирізнявся винятковою обдарованістю. Він вивчав фізику, хімію, філологію, медицину. У 1867 р. він винайшов "аутографічний телеграф". Йому приписується також винахід телефону та процесу триколірної фотографії. Кро займався навіть питаннями міжпланетних повідомлень та написав із цього приводу брошуру. Він відомий також як талановитий поет та письменник-фантаст.

Кро був бідною людиною і не мав нагоди експериментувати і навіть заплатити мито за патент.



Рис. 1.1 Фонограф

10 жовтня 1877 р. приятель Кро помістив у "La semaine du Clerge" замітку, в якій докладно повідомлялося про зроблений Кро винахід. У цьому описі, між іншим, пропонувалося назвати прилад "фонографом". Прилад цей описується саме з валиком, а чи не з диском, тобто у тому вигляді, що невдовзі після цього надав своєму фонографу Едісон.

Сам Кро направив 30 квітня 1877 р. листа до французької Академії Наук, у якому не тільки виклав сутність явища відтворення звуків, але вказав на метод відтворення як за допомогою валика, так і за допомогою диска, запис на якому проводиться по спіралі. Фактично це те, що ми називаємо сьогодні грамофонною платівкою, і Кро справедливо заслуговує на звання її винахідника.

У грудні 1877 р. лист Кро було розкрито і оголошено на засіданні Академії наук. Але там ідея не отримала підтримки, і його ім'я виявилось майже забутим. Кро помер у Парижі у віці 45 років у 1887 році, у рік практичної реалізації грамофона, якого він так і не побачив. З безлічі винаходів Томаса Едісона фонограф є головним.



Рис. 1.2 Громофон Едісона

Заявка Едісона зроблена 24 грудня 1877 р., а патент, попри всі правила про терміни з'ясування новизни й у подачі претензій іншими особами, видано йому вже 19 лютого 1878 р. Ці дати не можна зіставити з датами оголошення ідей Кро. Син Шарля Кро, Гі, в 1927 р. писав не без прямого натяку, що журнал "La semaine du Clerge", в якому 10 жовтня 1877 р. вміщено докладний

опис фонографа Кро, користувався на той час в Америці значним поширенням та популярністю. Втім, навіть через 10 років, коли Берлінер отримував патент на грамофон, експерти американського Patent office все ще не знали про жодні роботи Кро.

Сьогодні історики вважають, що Едісон дійшов винаходу фонографа самостійним шляхом і що сталося це випадково. Він хотів створити передавач для телефону, щоб багато разів збільшити дальність телефонних розмов.

У фонографі Едісон запис вевся по гвинтовій лінії шляхом вдавлювання досить товстої олов'яної фольги, оберненої навколо мідного циліндра, що обертається від руки зі швидкістю близько 1 об/хв, причому крок гвинта на циліндрі становив близько 3 мм. Для відтворення служила мембрана, що знаходиться по іншій бік циліндра, з сталевим вістряем. Сама мембрана складалася із рослинного пергаменту. На мембрану надягав рупорний конус, зроблений з картону. Едісон багато разів вносив конструктивні зміни до фонографа, але так і не досяг чистого звучання.

Багато винахідників намагалися вдосконалити фонограф. Найбільших успіхів досягли Олександр Белл та Чарльз Тайнтер, які у 1886 р. взяли патент на прилад, названий ними графононом. Вони запропонували застосовувати поперечний запис, різання замість видавлювання, а як носій запису - віск з добавкою парафіну та інших речовин. Але подолати вади фонографа не вдалося. Настав час втілення в життя ідеї Кро про грамофонну платівку.

У червні 1887 р. Еміль Берлінер отримав патент у США, а потім в Англії та Німеччині на грамофон, який був виготовлений у 1888 р. та демонструвався 16 травня цього ж року у Франклінському інституті у Філадельфії.

Спочатку Берлінер застосував поперечний запис на валику, як у фонографі, а потім почав робити запис на диск за методом Кро. На скляну підкладку він наносив сажу з парафіном. Підкладка ставилася на верстат в перекинутому положенні, так що стружка, що знімається, могла падати вниз, не заважаючи запису. Після запису фонограма покривалася лаком і служила



для отримання рельєфного фотографічного відбитка на шарі хроможелатинового. Потім Берлінер почав пробувати методи хімічної обробки, а саме – кислотне травлення. Надалі він застосовував як підкладку цинк, а як захисний шар - віск. Після закінчення запису цинк піддавався травленню в 25% хромової кислоти. Протравлювалися лише місяць, прокреслені різцем. Берлінер користувався цим цинком як оригінал і отримував із нього гальванопластичні копії.



Рис. 1.3Схема відтворення інформації записаної на вініловій носії: 1 - вінілова пластинка; 2 - голка

Берлінер не приховував свого знайомства з роботами Кро, але говорив, що дізнався про ідеї Кро через три місяці після того, як подав свою патентну заявку. Заслуга Берлінера у цьому, що він організував виробництво грамофонів.

На початку ХХ ст. багато грамофонних компаній намагалися здійснювати електричний запис, але відсутність електричних підсилювачів не дозволило реалізувати цей метод. З винаходом електронної вакуумної лампи це стало можливим.

У 1918 р. "Товариство Гомон" взяло патент на "читання фонограм електромагнітним програвачем", тобто на адаптер. У 1924 р. кілька фірм взяло патент на покращені умови електричного запису. З 1925 р. електричний спосіб запису з допомогою мікрофонів витіснив з виробництва механоакустичну запис через рупор.

Перший апарат для відтворення платівок, створений Берлінером 1888 р., вже містив у собі основні елементи рупорного грамофона. Подальші роботи різних авторів над поліпшенням конструкції призвели до появи моделі, яка у 1902 р. була випущена для населення. Вона мала пружинний привід та жорсткий зв'язок рупора з мембраною. Ця модель зображена на картині художника Ф. Барро, який зобразив собачку, яка впізнає голос свого господаря, що передається грамофоном. Фірма зробила цю картину своєю торговою маркою, і назва звукозаписної компанії HMV стала на десятиліття найпопулярнішою серед любителів грамзапису.

Подальший розвиток грамофонів спричинив створення портативних моделей зі звукопроводом усередині ящика, відомим під назвою "патефон". Ця назва вперше була дана апарату французької фірми Пате. Випускалися надмініатюрні патефони з розсувним тонаром у вигляді нікельованої металевої банки діаметром 18 см та висотою 8 см.

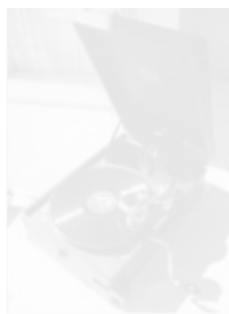


Рис. 1. 4 Патефон

З розвитком радіотехніки акустичний спосіб запису повністю замінений електричним способом, що значно поліпшило якість записів.

З'явилися радіоли, програвачі (приставки до приймачів) та електрофони. Пружинний двигун був замінений електродвигуном, а мембрана - звукознімач (адаптер).



Рис. 1. 5 Електрофон

До кінця 1948 р. запис проводився з канавкою шириною 140-180 мкм, при щільності запису в середньому 38 канавок на 1 см. Швидкість обертання була 78 об/хв, а діаметр пластинок - 25-30 см. При цьому тривалість звучання однієї сторони пластинки становила 3-5 хв, що достатньо коротких музичних творів.

З використанням електричного відтворення була введена швидкість 331/3 об/хв за тих же розмірів платівки. Найменший діаметр при швидкості 331/3 об/хв був встановлений в 19 см з розрахунку отримання гарної якості відтворення в кінці запису. Ширина канавки вибиралася щонайменше 100 мкм. Однак це не забезпечувало безперервну запис симфонічних творів. Це завдання вирішилося лише з появою довгограючих платівок.

У 1948 р. американська фірма Columbia повідомила про випуск платівок із шириною канавки до 70 мкм. Щільність запис збільшилася приблизно в два з половиною рази, а тривалість звучання стала майже в 6 разів більшою, ніж платівок на 78 об/хв того ж формату.

У 1949 р. американська фірма RCA Victor випустила платівки на 45 об/хв діаметром 17,5 см і програвач для них із автоматом для зміни платівок. Час запису одного боку платівки 5 хв 5 сек, згодом було доведено до 9 хв із застосуванням змінного кроку запису.

У 1954 р. з'явилися пластинки на 16 об/хв під назвою "що говорить книга". Великий час запису (при діаметрі 25 см близько години для однієї сторони) зробили їх зручними як навчальні посібники і для людей з поганим зором.

У 1956 р. радіомовна компанія Columbia спільно з автомобільною фірмою Chrysler випустила платівки на 161/2 об/хв із шириною канавки 25-30 мкм. Тривалість мовної записи з одного боку була 1 год, а музичні записи мали тривалість 45 хв. Поєднання довгограючих пластин з програвачем-автоматом дозволило здійснювати звуковідтворення з пластин протягом декількох годин без втручання слухача.

Ще 1928 р. фірма Columbia запропонувала вибирати відстань між канавками залежно від амплітуди, що писалося в патенті, опублікованому 1933 р. Однак ця ідея була забута. Знову це питання було порушено Рейном, який випробував свою систему у 1942 р. та закінчив її у 1950 р.

Застосування замість безпосереднього запису на диск з мікрофонів - перезапису з магнітофонів дозволило отримати попереджувальний сигнал для управління звуку канавки. Схема Рейну виявилася складною, і практично використовувалися рекордери зі змінним кроком, запропоновані фірмами Columbia і Teldec.

При записі зі змінним кроком платівок з широкою канавкою виграш за часом звучання становив 15%, а для платівок - 25%. Платівки зі змінним кроком були випущені 1951 р. фірмою Deutsche Grammophon, наприкінці 1952 р. - фірмою Teldec, і з 1956 р. випускалися СРСР. Платівки зі змінним кроком не вимагають спеціальної апаратури, що відтворює.

Крім механічного запису диск відома механічна запис на стрічку. У 1931 р. у Німеччині фірмою Tefifon були виготовлені апарати з механічним записом на нескінченній стрічці.

У цей час А.Ф. Шорін запропонував використовувати кіноплівку як носій для механічного запису звуку. Ним був сконструйований апарат "шоринофон", який спочатку використовувався для озвучування кінофільмів,

а потім - і для запису музики та мовлення в радіомовленні, що збільшувало тривалість запису до кількох годин.

Запис та відтворення звуку в цьому пристрої проводилися електромеханічним способом використану кінострічку. Шоринофон здійснював багатодорожжовий механічний поперечний запис, який відтворювався на тому ж апараті. При використанні кіноплівки завширшки 35 мм на ній розміщувалося понад 50 канавок. При рулоні кіноплівки 300 м це дозволяло отримати в шоринофоні запис тривалістю вісім годин. Роль записуючого та відтворюючого елемента в шоринофоні виконувала спеціальна головка, в яку для нарізування канавки вставлявся різець, а для відтворення корундова голка.

Як тільки кінематограф став звуковим, виникла потреба змусити звук слідувати за переміщенням акторів вздовж екрана. У 1930 р. французький кінорежисер Абель Ганс здійснив просторове відтворення звуку у залі кінотеатру, для чого встановив гучномовці не лише за екраном, а й у самому залі.

Після появи телефону, фонографа, радіомовлення та звукового кіно люди звернули увагу на недоліки монофонічної передачі звуку. 1881 р. на Всесвітній виставці в Парижі винахідник Клемент Адер вперше здійснив двоканальну передачу звуку з оперного театру. Передача велася по телефонних проводах, з'єднаних із двома групами мікрофонів, одна з яких розміщувалася праворуч, а інша ліворуч від сцени. Слухати передачу можна було телефоном за допомогою пари навушників. У 1912 р. подібні досліди було повторено у Берліні.

До 1957 року запис на платівках був лише монофонічним. Але досліди проводились і в галузі стереофонічного грамзапису. У 1931 р. англійський винахідник А. Блюмлейн запропонував спосіб стереофонічного запису на диск, при якому сигнали обох каналів одночасно записувалися одним різцем в одній канавці. У своїй заявці, на яку був виданий патент, Блюмлейн пропонує два способи стереозапису: один є комбінацією поперечного і глибинного

запису, інший - дві взаємно перпендикулярні складові коливання різця спрямовані під кутом  $45^\circ$  до поверхні диска. Недостатній рівень техніки запису-відтворення не дозволив тоді реалізувати ідеї Блюмлейна.

Американський інженер Кук запропонував "бінауральну платівку", кожна сторона якої містила "праву" та "ліву" записи. Обидва записи відтворювалися одним тонармом із двома головками (адаптерами). Некономичне використання площі диска та складність синхронізації не дали цьому способу практичного застосування.

У лабораторії Decca Records у Лондоні був розроблений електричний спосіб поділу каналів за допомогою фільтрів, за умови, що один із каналів записувався на частоті, що піднесла. У аналогічний спосіб відомий під назвою Мінтер-системи. Спосіб несучої частоти виявився складним та дорогим.

Нарешті отримав визнання та спосіб Блюмлейна 45/45. У США фірма Vestrex розробила таку систему, і вже в 1958 р. метод був рекомендований як єдиний міжнародний спосіб запису стереофонічних платівок. Стереофонічні платівки виготовляються тих же форматів і для тих же швидкостей, що і монофонічні платіжки, що довго грають.

У міру накопичення досвіду та теоретичного осмислення виявилися деякі недоліки та обмеження, властиві двоканальній стереофонії: ефект провалу звуку посередині між гучномовцями, вузька зона, в якій відчувається стереоефект, спотворення локалізації джерела звуку. Почали проводитися досліді з трьох- і чотириканального звуковідтворення.

У 1969-1971 рр. на світовому ринку з'явилися перші зразки чотириканальної (квадрафонічної) апаратури: магнітофони, електрофони. Грамплатівки. Квадрафонія була сприйнята як новинка, якій навряд чи судилося набути широкого поширення: надто дорогою ціною - дворазовим збільшенням числа каналів - покращується стереофонічний ефект.

Перші грамофонні пластинки пресувалися із суміші на основі шелаку, що є смолою природного походження, згодом шеллак був замінений

синтетичними смолами. Широке застосування набула вінілітова смола. Точний склад кожної марки грамофонних платівок охоронявся як торговельний секрет.

Запис грамофонних платівок здійснювався лише у спеціальних студіях звукозапису. У 1940-1950 роки у Москві на вулиці Горького існувала така студія, де за невелику плату можна було записати маленьку платівку діаметром сантиметрів 15 - звуковий "привіт" своїм рідним чи знайомим. У ті ж роки на кустарних звукозаписних апаратах здійснювали підпільний запис платівок джазової музики та блатних пісеньок, які зазнавали в ті роки гоніння. Матеріалом їм служила відпрацьована рентгенівська плівка. Ці платівки так і називалися "на ребрах", тому що на просвіт на них було видно кістки. Якість звуку на них була кошмарною, але через брак інших джерел вони користувалися величезною популярністю, особливо у молоді. Для виготовлення грамофонних пластин пропонувалися, проте, як пластичні маси, а й інших матеріалів. Так, наприклад, не тільки були запатентовані в 1909 р., а й випускалися (Carl Pivoda у Празі) грамофонні платівки зі скла. За відгуками ці платівки шипіли менше, ніж звичайні. З'явилися у продажу, зокрема й у Росії, навіть грамофонні платівки із шоколаду.

**Магнітний звукозапис.** У 1898 році датський інженер Вольдемар Паульсен (1869-1942) винайшов апарат для магнітного запису звуку на сталевому дроті. Назвав він його "телеграфоном". Однак недоліком використання дроту як носій була проблема з'єднання окремих її шматків. Зв'язувати їх вузликом було неможливо, оскільки він не проходив через магнітну голівку. До того ж сталевий дріт легко плутається, а тонка сталева стрічка ріже руки. Загалом, для експлуатації вона годилася.

Надалі Паульсен винайшов спосіб магнітного запису на обертовий сталевий диск, де інформація записувалася по спіралі магнітною голівкою, що переміщається. Ось він, прообраз дискети та жорсткого диска (вінчестера), які так широко використовуються у сучасних комп'ютерах! Крім

того, Паульсен запропонував і навіть реалізував за допомогою свого телеграфу перший автовідповідач.

У 1927 Ф. Пфлеймер розробив технологію виготовлення магнітної стрічки на немагнітній основі. На базі цієї розробки у 1935 році німецькі електротехнічна фірма "AEG" та хімічна фірма "IG Farbenindustri" продемонстрували на Німецькій радіовиставці магнітну стрічку на пластмасовій основі, покритій залізним порошком. Освоєна в промисловому виробництві, вона коштувала в 5 разів дешевше за сталеву, була набагато легше, а головне, дозволяла з'єднувати шматки простим склеюванням. Для використання нової магнітної стрічки було розроблено новий звукозаписний прилад, який отримав фірмову назву "Magnetofon". Воно стало загальним найменуванням подібних приладів.

У 1941 році німецькі інженери Браунмюллер та Вебер створили кільцеву магнітну головку у поєднанні з ультразвуковим підмагнічуванням при записі звуку. Це дозволило значно зменшити шуми та отримувати запис значно вищої якості, ніж механічний та оптичний (розроблений на той час для звукового кіно).

Магнітна стрічка придатна для запису багаторазового звуку. Число таких записів практично не обмежене. Воно визначається лише механічною міцністю нового носія інформації – магнітної стрічки.

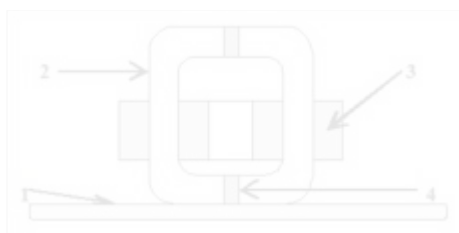


Рис. 1.6Схема магнітної індукційної головки: 1 – магнітна лента; 2 - сердечник електромагніта; 3 – обмотка електромагніта; 4 – робочий зазор.



Таким чином, власник магнітофона, в порівнянні з патефоном, не тільки отримав можливість відтворювати звук, записаний раз і назавжди на грамплатівці, але міг тепер і сам робити запис звуку на магнітній стрічці, причому не в студії звукозапису, а в домашніх умовах чи концертному залі.

Саме ця чудова властивість магнітного запису звуку забезпечила широке поширення у роки комуністичної диктатури пісень Булата Окуджави, Володимира Висоцького та Олександра Галича. Достатньо було одному любителю записати ці пісні на їхніх концертах у якомусь клубі, як цей запис зі швидкістю блискавки поширювався серед багатьох тисяч аматорів. Адже за допомогою двох магнітофонів можна переписати запис із однієї магнітної плівки на іншу.

Перші магнітофони були катушковими – у них магнітна плівка була намотана на катушки. При записі та відтворенні плівка перемотувалась із заповненої катушки на порожню. Перш ніж розпочати запис чи відтворення, треба було "заправити" плівку, тобто. вільний кінець плівки протягнути повз магнітні головки і закріпити його на порожній катушці.



Рис. 1.7 Катушковий магнітофон з магнітною стрічкою на катушках

Після закінчення Другої світової війни, починаючи з 1945 року, магнітний запис набув найширшого поширення в усьому світі. На американському радіо магнітний запис було вперше використано у 1947 році для трансляції концерту популярного співака Бінга Кросбі. При цьому були використані деталі трофейного німецького апарату, який привезли до США підприємливий американський солдат, демобілізований з окупованої

Німеччини. Бінг Кросбі потім вклав свої кошти у виробництво магнітофонів. 1950 року в США вже продавалося 25 моделей магнітофонів.

Перший дводоріжковий магнітофон випустила німецька фірма AEG у 1957 році, а в 1959 році ця фірма випустила перший чотирдоріжковий магнітофон.

Спочатку магнітофони були ламповими, і лише 1956 року японська фірма Sony створила перший повністю транзисторний магнітофон.

Пізніше на зміну котушковим магнітофонам прийшли касетні. Перший такий апарат розробила фірма Philips у 1961-1963 роках. У ньому обидві мініатюрні котушки – з магнітною плівкою та порожня – поміщені у спеціальну компакт-касету та кінець плівки заздалегідь закріплені на порожній котушці.

Таким чином, суттєво спрощено процес зарядки магнітофона плівкою. Перші компакт-касети були випущені фірмою Philips у 1963 році. А ще згодом з'явилися двокасетні магнітофони, в яких процес перезапису з однієї касети на іншу максимально спрощений. Запис на компакт-касетах – двосторонній. Випускаються вони на час запису 60, 90 та 120 хвилин (на двох сторонах).



Рис. 1. Касетний магнітофон та компакт-касета

На основі стандартної компакт-касети фірмою Sony був розроблений портативний програвач "плеер" розміром із поштову листівку (рис.1.10). Його можна покласти в кишеню або прикріпити до пояса, слухати на прогулянці чи метро. Він отримав назву Walkman, тобто. "людина гуляюча", відносно

дешева, користувалася величезним попитом на ринку і деякий час був улюбленою "іграшкою" молоді.

Компакт-касета "прижилася" не лише на вулиці, а й у автомобілях, для яких було випущено автомагнітолу. Вона є комбінацією радіоприймача і касетного магнітофона.

Крім компакт-касети, була створена мікрокасета розміром у сірникову коробку для портативних диктофонів та телефонів з автовідповідачем.

Диктофон (від латів. dicto - говорю, диктую) - це різновид магнітофона для запису мови з метою, наприклад, подальшого друкування її тексту.



Рис. 1.9 Касетний плеєр

Рис. 1.10 Мікрокасета

У всіх механічних касетних диктофонах міститься понад 100 деталей, частина з яких – рухомі. Головка, що записує, і електричні контакти зношуються за кілька років. Відкидна кришка також легко ламається. У касетних диктофонах використовується електричний двигун, який простягає магнітну плівку повз головки запису.

Цифрові диктофони відрізняються від механічних повною відсутністю рухомих деталей. В них як носій замість магнітної плівки використовується твердотільна флеш-пам'ять.

Цифрові диктофони перетворюють звуковий сигнал (наприклад голос) на цифровий код і записують його в мікросхему пам'яті. Роботою такого диктофона керує мікропроцесор. Відсутність стрічкопротяжного механізму, що записує і стирає головок значно спрощує конструкцію цифрових диктофонів і робить її надійнішою. Для зручності користування вони

постачаються рідкокристалічним дисплеєм. Основними перевагами цифрових диктофонів є миттєвий пошук потрібної записи і можливість передачі записи на персональний комп'ютер, у якому можна зберігати ці записи, а й монтувати їх, перезаписувати самостійно другого диктофона тощо.

**Оптичні диски.** У 1979 році компанії Philips і Sony створили абсолютно новий носій інформації, що замінив грамплатівку, - оптичний диск (компакт-диск - Compact Disk - CD) для запису та відтворення звуку. 1982 року почалося масове виробництво компакт-дисків на заводі в Німеччині. Значний внесок у популяризацію компакт-диска зробили Microsoft та Apple Computer.

CD здатний зберігати у невеликому фізичному обсязі величезну кількість інформації. Важлива можливість багаторазового зчитування записаних даних без зносу носія, пов'язана з відсутністю будь-якого механічного контакту пристрою з поверхнею, що несе інформацію. До цього слід додати відносно невисоку вартість дисків і пристроїв, необхідних для роботи з ними. Ці переваги не можуть не залучати всіх, кому доводиться зберігати величезні обсяги даних із мінімальним ризиком їхньої втрати. А таких стає дедалі більше. Скрізь, де є комп'ютери, обов'язково знайдуться потужні програми, архіви та бази даних, зображення та звуки, перетворені на цифрову форму. Все це зручно зберігати на CD.

Сучасний CD - пластиковий диск діаметром близько 120 і завтовшки приблизно 1 мм, що має в центрі отвір діаметром 15 мм. Навколо отвору є область шириною близько 10 мм для затиску в шпинделі, що обертає диск. Одна сторона CD, як правило, красиво оформлена та забезпечена короткою інформацією про зміст записів.

Інша – блищить і переливається всіма кольорами веселки. На ній навколо затискної області є ще одне візуально помітне кільце, на якому відштамповано серійний номер у штриховому або іншому коді, який часто зрозумілий тільки виробнику диска.

Далі знаходиться область даних, яка дає райдужний ефект при розгляді у відбитому світлі. З зовнішнього краю CD має прозоре захисне кільце невеликої ширини. Інформація наноситься на гладку поверхню алюмінієвого майстер-дизку лазерним променем, який, змінюючи структуру металу (простіше випалюючи його), створює на ній мікроскопічні западини. Чергування по-різному світлових западин і плоских ділянок представляє дані у звичній для комп'ютерів двійковій формі. Зазначимо, що розміри сформованих лазерним променем западин дуже малі - на відрізьку, довжина якого не перевищує товщини людського волосся, їх може розміститися кілька десятків.

Подальше нагадує виготовлення звичайних грамплатівок. Негативні копії майстер-дизку служать матрицями для пресування несучих інформацію западин на поверхні CD, які залишається покрити алюмінієм, нанести захисний шар і забезпечити потрібними написами. Варто зауважити, що існують і інші технології виробництва CD, у тому числі перезаписуються і дозаписуються.

Під CD, вставленим у привід блискачкою стороною вниз і закріпленим у шпинделі, що обертається, переміщається по радіусу за допомогою сервомотора зчитуючий пристрій.



Рис. 1.11 Принцип читання інформації з CD-дисків

Складається з напівпровідникового лазера 1, світлоділїні призми 2 з об'єктивом 3, фокусуєчим промінь на поверхні диска 4, і фотоприймача 5. Об'єктив забезпечений приводами точного підстроювання положення

променя на інформаційній доріжці. Зрозуміло, що зчитування використовується лазер набагато меншої потужності, ніж, яким випалювали западини лежить на поверхні мастер-диска.

Відбитий алюмінієвою поверхнею промінь призму направляє на фотоприймач. Якщо він відбився від блискучого острівця між западинами, в ланцюзі фотоприймача з'являється електричний струм, наявність якого інтерпретується як логічна 1. Промінь, що потрапив у западину, здебільшого розсіюється, в результаті освітленість фотоприймача і струм зменшуються - фіксується логічний 0.

Чутлива поверхня фотоприймача розділена на чотири сектори. Це дозволяє управляючому приводом мікропроцесору визначити правильність позиціонування променя. Якщо промінь відхилився від потрібного положення (а це, як правило, трапляється через похибки виготовлення CD і приводу), зміститься і створювана ним на поверхні фотоприймача пляма, в результаті його сектора будуть освітлені неоднаково. Порівнюючи струми, що виробляються кожним з елементів приймача, мікропроцесор формує команди, що коригують положення об'єктива, а, отже, і променя на поверхні шару, що відбиває.

Як уже говорилося, дані записані на CD у вигляді послідовності западин та інтервалів між ними, що утворює одну фізичну інформаційну доріжку. Саме одну на відміну від звичного способу запису на магнітні диски. Ця єдина доріжка є спіраль, що починається біля центру диска і розкручується до його краю. Цим CD трохи нагадує традиційну грамплатівку, відрізняючись від неї напрямком спіралі та безконтактним способом зчитування даних. Доріжка починається зі службової області, необхідної для синхронізації приводу: пристрій, що зчитує, повинен "знати", коли очікувати приходу кожного із записаних бітів інформації. Фізична доріжка може бути поділена на кілька логічних.

Безперервний потік бітів, що зчитуються з CD, ділиться на восьмирозрядні байти, логічно об'єднані в сектори. Кожен сектор складається

з 12 байт синхронізації, чотирьох байт заголовка, що містить номер сектора та відомості про тип запису в ньому, 2048 байт основної області даних та 288 байт додаткової інформації.

Застосовується кілька типів секторів. Перший призначений лише для цифрового звукозапису. Другий – основний для всіх CD. Його заголовок подовжено до 12 байт за рахунок області додаткової інформації. Решту цієї області займають код виявлення помилок зчитування даних (чотири байта) і два коди, що дозволяють їх виправити: P-паритет (172 байт) і Q-паритет (104 байт). У секторах третього типу область додаткової інформації віддано у розпорядження користувача. Так що кожен з них може містити до 2336 байт даних, проте без можливості контролю правильності зчитування та корекції помилок. Кожна логічна доріжка складається із секторів лише одного типу.

У перших секторах CD записано його зміст (Volume Table of Contents, VTOC) - щось на зразок таблиці розміщення файлів (FAT) на магнітних дисках. Взагалі базовий формат CD згідно стандарту HSG (про нього див. нижче) багато в чому нагадує формат дискети, на нульовій доріжці якої не тільки вказуються її основні параметри (кількість доріжок, секторів тощо), але й зберігаються відомості про розміщення даних (директорій та файлів).

У системній області знаходяться директорії із вказівниками або адресами областей, де зберігаються дані. Істотна відмінність від дискети у тому, що у кореневої директорії CD вказуються прямі адреси файлів, що у піддиректоріях, що значно полегшує їх пошук.

Класична "одинарна" швидкість зчитування даних, з якою сьогодні працюють лише програвачі аудіодисків, - 175 Кбайт/с або приблизно 75 секторів на секунду. Кожна логічна доріжка, що містить 300 секторів, відтворюється із цією швидкістю за 4 с. Весь CD, якщо він складається лише із секторів другого типу, містить 663,5 Мбайт даних.

У комп'ютерах використовуються приводи CD, що забезпечують набагато більшу швидкість зчитування даних за рахунок збільшення частоти обертання шпинделя та відповідної зміни інших технічних характеристик.

Музичні оптичні CD прийшли на зміну вініловим з механічним записом (грампластинкам) у 1982 р., майже одночасно з появою перших персональних комп'ютерів фірми IBM. Це було результатом співпраці двох гігантів електронної промисловості – японської фірми Sony та голландської Philips.

Цікавою є історія вибору ємності CD. Виконавчий директор Sony Акіо Моріта вирішив, що нові вироби повинні відповідати вимогам любителів класичної музики. Після проведення опитування з'ясувалося, що найпопулярніший у Японії класичний твір - дев'ята симфонія Бетховена - звучить близько 73 хв. Мабуть, якби японці більше любили короткі симфонії Гайдна чи опери Вагнера, виконувані цілком два вечора, розвиток CD міг піти іншим шляхом. Але факт залишається фактом. Було вирішено, що CD має бути розрахований на 74 хв та 33 секунди звучання.

Так народився стандарт, відомий як "Червона книга" (Red Book). Не всіх любителів музики задовольнила обрана тривалість звучання, але порівняно з 45 хв недовговічних вінілових платівок це був суттєвий крок уперед. Коли 74 хв музики перерахували на інформаційну ємність, вийшло близько 640 Мбайт.

Наприкінці 1999 року компанія Sony оголосила про створення нового носія Super Audio CD (SACD). При цьому застосовано технологію так званого "прямого цифрового потоку" DSD (Direct Stream Digital). Частотна характеристика від 0 до 100 кГц та частота дискретизації 2,8224 МГц забезпечують значне підвищення якості звучання порівняно із звичайними CD-дисками. Завдяки набагато більш високій частоті дискретизації стають непотрібними фільтри під час запису та відтворення, так як вухо людини сприймає цей ступінчастий сигнал як "гладкий" аналоговий. При цьому забезпечена сумісність із існуючим форматом CD. Випускаються нові одношарові диски HD, двошарові HD, а також гібридні двошарові диски HD і CD.

Зберігати звукові записи у цифровій формі на оптичних дисках набагато краще, ніж у аналоговій формі на грамплатівках чи магнітофонних касетах.



Насамперед, незрівнянно підвищується довговічність записів. Адже оптичні диски практично вічні – вони не бояться дрібних подряпин, лазерний промінь не ушкоджує їх при відтворенні записів. Так, компанія Sony пропонує 50-річну гарантію зберігання даних на дисках. Крім того, на CD не діють перешкоди, характерні для механічного та магнітного запису, тому якість звучання цифрових оптичних дисків незрівнянно краща. До того ж, при цифровому записі з'являється можливість комп'ютерної обробки звуку, що дозволяє, наприклад, відновити початкове звучання старих монофонічних записів, прибрати з них шуми та спотворення і навіть перетворити їх на стереофонічні.

Цифровий метод запису уможливив об'єднати на персональному комп'ютері текст і графіку зі звуком і зображеннями, що рухаються. Така технологія отримала назву "мультимедіа".

Як носії інформації в таких мультимедійних комп'ютерах використовуються оптичні компакт-диски CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory - тобто пам'ять на компакт-диску "тільки для читання"). Зовні вони не відрізняються від звукових компакт-дисків, які використовуються у програвачах та музичних центрах. Інформація в них записується також у цифровій формі.

На зміну існуючим компакт-дискам приходить новий стандарт носіїв інформації DVD (Digital Versatil Disc або цифровий диск загального призначення). На вигляд вони нічим не відрізняються від компакт-дисків. Їхні геометричні розміри однакові. Основна відмінність DVD-диску - набагато більша щільність запису інформації. Він вміщує у 7-26 разів більше інформації. Це досягнуто завдяки більш короткій довжині хвилі лазера та меншому розміру плями сфокусованого променя, що дало змогу зменшити вдвічі відстань між доріжками. Крім того, DVD-диски можуть мати один або два шари інформації. До них можна звертатися, регулюючи положення лазерної голівки. У DVD-диску кожен шар інформації вдвічі тонший, ніж у CD-диску. Тому можна з'єднувати два диски завтовшки 0,6 мм в один зі

стандартною товщиною 1,2 мм. При цьому ємність подвоюється. Всього DVD-стандарт передбачає 4 модифікації: односторонній, одношаровий на 4,7 Гбайт (133 хвилини), односторонній, двошаровий на 8,8 Гбайт (241 хвилини), двосторонній, одношаровий на 9,4 Гбайт (266 хвилин) та двосторонній, двошаровий на 17 Гбайт (482 хвилини). Вказані в дужках хвилини - це час програвання відеопрограм високої цифрової якості з багатомовним цифровим об'ємним звуком. Новий стандарт DVD визначено таким чином, що майбутні моделі зчитувальних пристроїв будуть розроблятися з урахуванням можливості відтворення всіх попередніх поколінь компакт-дисків, тобто. з дотриманням принципу "зворотної сумісності". Стандарт DVD дозволяє значно збільшити час та покращити якість відтворення відеофільмів у порівнянні з існуючими CD-ROM та відео-компакт-дисками LD.

Формати DVD-ROM та DVD-Video з'явилися у 1996 році, а пізніше було розроблено формат DVD-audio для запису високоякісного звуку.

Дисководи DVD є дещо вдосконаленими дисководи CD-ROM.

CD- та DVD-оптичні диски стали першими цифровими носіями та накопичувачами інформації для запису та відтворення звуку та зображення.

Звукозапис сьогодні – не лише розвинена галузь шоу-бізнесу з багатомільйонним грошовим обігом, а й (що значно важливіше) частина музичної та соціальної культури, яка формує естетичні та етичні позиції молоді світу. Той факт, що 97 відсотків слухачів знайомі із класичними творами не в живому концертному виконанні, а в записі, нікого не дивує. Щорічно проводяться інтердисциплінарні конференції та семінари, присвячені як проблемам стандартизації, так і проблемам збереження та відновлення записів, створення міжнародних аудіоархівних ресурсів. Фахівці ведуть нескінченні суперечки про переваги та недоліки різних методів перетворення сигналів у звукотехніці, швидкість морального старіння звукозаписної та відтворювальної апаратури за межами звукового бар'єру. Все це робить завдання історико-технічного аналізу розвитку звукотехніки більш ніж актуальним.

## 1.2 Види студій

**Класифікація студій звукозапису.** Студія звукозапису – це приміщення, спеціально спроектоване під завдання запису людської мови, а також музичних інструментів. Студійні приміщення – повинні містити різні акустичні параметри, для повного широкого охоплення запису тих чи інших жанрів музичних виконань. Класифікація студій (див. табл.1).

### Приміщення із нейтральною акустикою.

Хронологічно вимоги до приміщень студій звукозапису склалися не ті, які застосовувалися в контрольних кімнатах. Точніше, у приміщеннях під запис намагалися досягти нейтральних акустичних умов. Це було викликано умовами музичних стилів та напрямками музики загалом. Конкретна типізація окремих студій звукозаписів створювала можливість падіння числа замовлень. Раніше існувало судження про музикантів, що як музикант зіграє, так і звучатиме на записі. В результаті чого, основною метою ставати - найвірогідніше записати звук, який його представив виконавець на записі. Що, у свою чергу, взаємно виключало творчий підхід до запису.

Назва	Призначення	Оптимальна	Висота, м	Площа
		кількість виконавців		підлоги, м <sup>2</sup>
Велика музична	Запис великих симфонічних оркестрів, хорове виконання із присутністю слухачів.	250	13	1000

Те саме, але без слухачів		150	12	750
Середня музична	Запис середніх симфонічних оркестрів	40...65	8,5... 10	350... 450
	Запис естрадної та джазової музики	30...60	8,5... 8,3	350... 450
Мала музична	Запис малих оркестрів та хорових груп	30...35	8...8,3	250... 300
Камерна	Запис солістів-вокалістів	10..15	6	150
Мовна	Запис дикторів для радіо, телевізійних програм.	2...4	3,2...3,5	26...30
Заглушена	Запис ефектів для кіновиробництва	6...10	4	50
Кімната «Відлуння»	Створення натурального ефекту змінної реверберації.	-	4	50

Класифікація студій

Таблиця 1

Варто зауважити, впоперек, бажанням виробників музичних інструментів, їх інструменти звучали не так у камерах без луна. Цей феномен був викликаний внаслідок того, що виробник проектував свій музичний інструмент у середовищі з присутністю ревербераційних ефектів. Найчастіше те звучання, яке проектував виробник, – це і є сукупність самого звучання інструменту та його відбитого звуку.

У артистів виникає думка про акустичні властивості концертних майданчиків, на основі свого позитивного або негативного досвіду, як їм було комфортно працювати. Виконавцям потрібно чути звук із зали. Так як часто звук, при грі на інструментах і чутний музикантами, виявляється досить «плоским», що не надає їм необхідного настрою.

Музикантам потрібно чути звучання цілісності всього виконання, а чи не групу окремо конкретних музичних інструментів. Якщо це умови не

зберігати, то лад і злагодженість гри не варто чекати. Наприклад, роботи з флейтистами, для якісної гри їм потрібна будь-яка реверберація, чи це природна акустична або електронна граюча в навушниках. Та сама вимога може бути висунута музикантами, які грають на духових інструментах. Загалом і загалом безлужне приміщення використовується далеко не для запису будь-яких музикантів.

Акустика цих приміщень не надихає музикантів поводитися з творчим підходом. Творчий підхід є найважливішим аспектом будь-якого виконання на музичному інструменті: музика, яка позбавлена творчого підходу, не варто записувати зовсім.

Нейтральним приміщенням є акустичне середовище, що реалізує найбільш реалістичність, характерів звучання інструментів, за умови, що воно їх і не підфарбовує і не впливає своєю акустикою. Цим приміщенням характерно плавні криві часу реверберації, разом із дискретними відображеннями, відповідальні за правильність звучання у водночас, не домінуючи над природністю звучання. Було прийнято правило проектувати такі приміщення те щоб крива часу реверберації (КВР) підвищувалася зі зниженням частоти. Будь-яке приміщення незалежно від його розмірів, форми та конструктивних особливостей, має особливі акустичні характеристики. Доки акустика приміщення не починає впливати на тембр і забарвлення звуків, воно вважається нейтральним.

Чим менше приміщення, тим складніше в ньому досягти нейтральної акустики. Тому є кілька причин: на частотному діапазоні резонанси великих приміщень розташовуються більш рівномірно, ніж це відбувається в приміщеннях з малим об'ємом.

Другим фактором є час приходу відбиття від джерела звуку значно більше, ніж у малих приміщеннях. Само собою якщо не враховувати відображення, що виходять від підлоги, бо незалежно від величини приміщення повернення тимчасових інтервалів однаково. Тим самим ці відображення мають «невинний» і одиночний характер. Неодноразово можна

помітити на студії, м'яку обробку стелі та таку конструктивну особливість будови підлоги, при цьому стеля та підлога не є паралельними один одному. Такі особливості проектування пов'язані у тому, щоб уникнути резонансної модальної енергії між цими двома поверхнями.

Основною перевагою великих приміщень є більш тривалий запас часу звуку після першого відображення і до його приходу в вихідну точку. Це все дає запас прямому звуку залишатися якомога довше природним.

Супутньою причиною більшого часу відбиття є затримка.

Якщо відбиток проходить більше відстань, отже, воно витрачає більший час цього. Відбитий звук, що прийшов швидше, ніж 40мс, чується як тембральне забарвлення музичного інструменту. Назад протилежна ситуація, коли відображення прийшли із затримкою більше 40мс сприймаються, вже як власні відображення інструменту. Але й не варто забувати про те, що чим більше шлях подолало відображення, тим більше енергії воно витратило.

**Приміщення із «живою» акустиккою.** "Живі" кімнати можуть значно стимулювати виконавську роботу музикантів. Певний внесок у це робить і візуальна естетичність приміщень. Водночас у студії неодмінно має бути щось, без чого просто не можна обійтися. Я маю на увазі ті випадки, коли акустика приміщень руйнується з вини декораторів-інтер'єрників.

Справа в тому, що в «живих» кімнатах неодмінно є щось таке, аніж студійні дизайнери змушені компенсувати проблемні моменти. Наприклад, перешкоди з боку звукоізоляційної оболонки або можливі зміни акустики при зміні кількості людей і обладнання, що знаходяться в кімнаті. Не забувайте, що часом студійним дизайнерам доводиться відтворювати акустику більш менш стандартних студій в дуже нестандартних приміщеннях, а це саме по собі може вимагати прийняття досить нестандартних архітектурних рішень.

Матеріали, що використовуються створення внутрішньої акустики приміщень, грають свою особливу роль плані формування загального характеру звучання приміщень. Дерево, штукатурка, бетон, м'який камінь,

твердий камінь, метал, скло, кераміка та інші матеріали - всі вони мають свої власні характерні звукові властивості.

Враховуючи широку кількість вимог до звучання кімнат, часом буває майже неможливо побачити різницю в графіках акустичної чутливості кімнат, виконаних з різних матеріалів. Проте наші вуха майже напевно відразу ж розпізнають «дерев'яне», «металеве» або «кам'яне» звучання. Як би там не було для будівництва «живих» кімнат годяться всі вищезгадані матеріали, і вже сам дизайнер, все ретельно зваживши, вирішує, які з них найбільше підходять для дизайну в кожному конкретному випадку.

Загальне звучання кімнати зазвичай формується з допомогою суми характерних акустичних властивостей всіх застосовуваних матеріалів. Дерево, як правило, звучить м'якше, ніж камінь, а твердий камінь дає яскравіший звук, ніж м'який, Геометрія та текстура поверхні також відіграють велику роль у формуванні суб'єктивних акустичних властивостей.

Так звані «живі» кімнати поділяються на дві групи: на відбивні (рефлективні) кімнати та ревербераційні. Перші, як правило, відрізняються коротким часом реверберації, але при цьому для них характерна велика кількість відбитків, що швидко загасають. Ревербераційні кімнати мають більш розсіюючий характер з реверберацією, що плавно згасає. Відображають кімнати, що звучать більш «прозоро», часто будуються з відносно рівними, хоч і рідко паралельними, поверхнями і мають значне звукопоглинання, яке перешкоджає виникненню ревербераційного гулу. Ревербераційні кімнати, як правило, будуються з нерівними поверхнями і відносно малим звукопоглинанням. Можна, звичайно, комбінувати ці варіанти, але тоді виходять кімнати з сильно підкресленими звуковими характеристиками, внаслідок чого їх застосування значно звужується.

Найчастіше ставлять питання: чому рівні поверхні, що відбивають у студіях, часто дають менш музичне звучання, ніж такі ж рівні стіни в кімнатах і коридорах більшості житлових будинків. Що тут сказати? Не кажучи вже про проблеми, пов'язані з наявністю звукоізоляційної оболонки, в

студіях рідко бувають печі, сходи, меблі та інші звичайні для житлового будинку об'єкти, що займають багато місця. Всі вони досить добре ламають регулярність кімнатних відображень.

А що стосується студій, то їх власники зазвичай тиснуть на дизайнерів, ратуючи за заощадження кожного сантиметра вільного простору.

Мабуть, занадто багато, включаючи клієнтів студій, вірять в наші дні в те, що майже всього можна домогтися допомогою електроніки, недооцінюючи при цьому важливість хорошої акустики. Звичайно ж, ті, хто розуміють значення хорошої акустики, мають і користуються заздалегідь вигіднішими стартовими умовами, що дозволяє їм створювати записи найвищої якості. А представникам дуже масового прошарку клієнтури тільки і залишається, що витратити багато часу в надії спробувати вгадати методом «тику», яку ж програму процесора ефектів використовували представники першої категорії, щоб отримати таке класне звучання. А відповідь тут дуже проста: музика, записана з гарною студійною якістю, не вимагає подальшої обробки, а якщо і вимагає, то лише трохи, якщо, звичайно, спеціально не ставиться мета записати звук в електронній обробці.

Коли, хтось каже, ніби якась житлова кімната має чудову акустику, то суть висловлювання зазвичай полягає в тому, що цей «хтось» слухав якийсь конкретний інструмент у цій кімнаті і звернув увагу на те, що звучання цього інструменту стало яскравіше в цій кімнаті і в такій позиції. Все ж інші інструменти в цій кімнаті, як окремо, так і всі разом, можуть звучати і не дуже вражаюче.

Користуватися такою кімнатою доведеться вкрай рідко, а що стосується мене, то я віддав би перевагу 95% часу записувати флейти конденсаторним мікрофоном і в більш просторому просторі. Однак ситуація, схоже, складається так, що варто тільки комусь якимось способом зробити відомий запис, як багато хто відразу кидається копіювати цей спосіб, вважаючи, що саме таким чином і слід записувати даний інструмент,



"Живі" кімнати - актуальні, якщо вони існують як доповнення до інших студійних приміщень. Тим часом було б небезпечно пропонувати будувати такі кімнати як єдине студійне приміщення, якщо, звичайно, студія не спеціалізується на якихось вузьких завданнях, а студійний персонал не знає її характеристик, як свої п'ять пальців.

Популярність таких кімнат помітно зросла з поступовим розумінням того, що сучасна електронна апаратура не в змозі зімітувати багато привабливих сторін цих кімнат. До того ж вони надають кожній окремій студії свою неповторність, а це стає все більш важливим, тому що вже по всьому світу розходяться ті самі стандартні блоки ефектів і комп'ютерні програми.

**Кам'яні кімнати.** Про кам'яні кімнати з великою впевненістю можна сказати лише те, що всі вони різні та кожна має свій характер. Сьогодні, коли нас з усіх боків оточують програмовані інструменти та сигнал-процесори із заводськими програмами та пресетами, кам'яні кімнати привносять у світ звукозапису додаткову різноманітність.

Граніт забезпечує більшу міру варіабельності в акустиці, оскільки, будучи твердішим, не призводить до пилеобразованію. З додаванням клею ПВА в цементний розчин для посилення його схоплювання з'явилася ще одна цікава можливість змінювати акустику приміщення - варто лише покрити камінь лаком або залишити його нелакованим. Лак, нанесений на граніт, помітно пом'якшує його звучання в порівнянні з натуральним гранітом, тоді як лакування м'якшого каменю не дає такого значного ефекту. Висока концентрація клею ПВА в цементі разом з металевією сіткою штукатурною дозволяє вибивати цемент у швах між камінням і тим самим рельєфно виділяти обриси кожного каменю.

Цей метод був вперше розроблений для великої барабанної кімнати в студії Blackwing у Лондоні спочатку як косметичний захід для імітації атмосфери середньовічного замку, але незабаром стали зрозумілими і його акустичні переваги. Глибокі щілини між камінням створювали більш

розсіююче звукове поле особливо ще й тому, що в цій конкретній студії кам'яна кладка була вкрай непорядкованою, знову ж таки спочатку суто в декоративних цілях.

Як правило, у кімнаті з хорошою реверберацією звуковідбивний матеріал повинен бути покладений на всіх її поверхнях, і лише близько 20% загальної площі має бути задіяно під звукопоглинання для реального гасіння реверберації. З іншого боку, якщо у зовсім «мертвій» кімнаті зробити приблизно 20% поверхонь звуковідбивними, то така кімната починає «оживати». Так само, якщо якась кімната страждає від настирливих модальних резонансів, то такі резонанси можна значно послабити, покривши приблизно 20% її загальної площі матеріалом, що розсіює. Якщо проблеми створює якась одна стіна, то, покривши приблизно 20% її площі матеріалом, що розсіює, можна зробити її більш нейтральною, правда, в цьому випадку цей матеріал повинен бути досить рівномірно розподілений по всій оброблюваній поверхні.

**Оркестрові кімнати** . Оркестрова музика спочатку призначалася для "живого" виконання. За часів, коли писалися великі класичні твори, звукозапису не існувало, і тому інструментування та структура музики були націлені лише на виконання у приміщеннях, де є публіка. Перенесення ж їх виконання в студію, де найчастіше вистачає місця, щоб розмістити оркестр цілком і нічого більше, тягне за собою зовсім інший перелік обставин. Великою перешкодою для отримання природного оркестрового звучання в умовах студії є те, що вся робота зазвичай протікає, будучи затиснутою всередині масивної звукоізоляційної оболонки. Через це студійне звучання ще більше втрачає об'ємність, віддаляючись тим більше від звучання, характерного для концертних залів.

У наш час багато оркестрових записів робляться для саунд-треків фільмів. І в таких умовах, коли диригентам необхідно одночасно бачити дію

фільму і перебувати в тісному контакті з музикантами, студійна робота є більшою чи меншою мірою обов'язковою. З іншого боку, при менш жорстких технічних вимогах, як на зорі ери звукозапису, так і донині, часто оркестрова музика записується в приміщеннях, які не є студіями як такими.

Оптимальний час реверберації (RT) для оркестрових записів має тенденцію змінюватися відповідно до характеру музики та інструментів приблизно від 1,8 до 3с середньочастотному діапазоні, а на частоті 5 кГц RT зазвичай становить близько 1,5 с. Час реверберації на низьких частотах, як і раніше, є предметом суперечок. Причому думки розрізняються з приводу того, чи потрібно підвищувати RT на рівні 100 Гц, а якщо так, то наскільки. Взагалі-то йдеться про компроміси між чіткістю, теплотою і «величністю» звучання. При підвищенні RT чіткість втрачається на користь теплоти, яка потім, у свою чергу, переходить у «величність», і так доти, поки на якомусь ще більшому рівні RT все це втрачається, поступаючись місцем хаосу. Вимоги щодо оптимальності для кожного конкретного музичного твору або оркестрового аранжування з неминучістю обставляються рядом таких конкретних умов, як наявність або відсутність органу, хору, сольного роялю або кількість контрабасів в оркестрі. Виходячи зі свого особистого досвіду, скажу, що помірне підвищення RT на низьких частотах зазвичай йде на користь, проте це привносить ще одну змінну величину суб'єктивізму вибору.

Криві Флетчера-Мансона показують, як зменшується чутливість слуху на порогових значеннях частотного діапазону. Так, якщо за кривою, яка на частоті 3 кГц відповідає пороговому значенню 0 дБ, перейти до частоти 30 Гц, ми отримаємо приріст звукового тиску в 60 дБ. Якщо ж, йдучи кривою, яка проходить на частоті 3 кГц через точку 25 дБ, дістатися частоти 30 Гц, то видно, що у цій частоті величина звукового тиску становитиме приблизно 65 дБ. Ці криві є кривими рівновеликої гучності, і наші спостереження, про які я щойно говорив, означають дві речі.

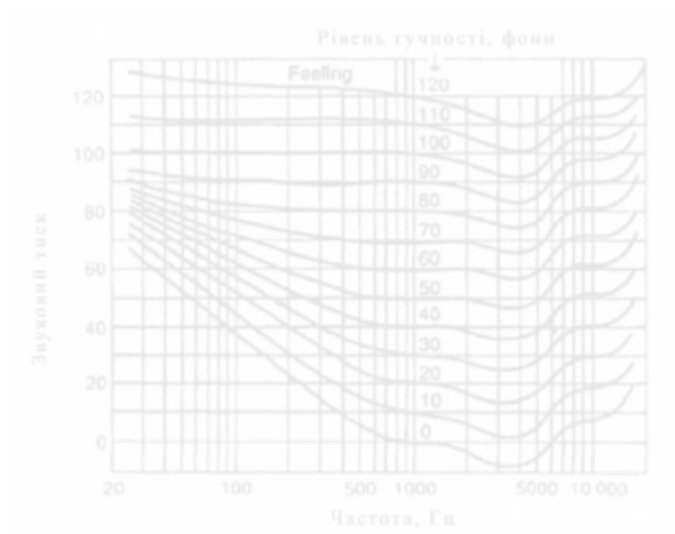


Рис 1.12 Криві Флетчера-Мансона

По-перше, щоб досягти порогу чутності на частоті 30 Гц, необхідно звуковий тиск на 60 дБ (чи акустична потужність у мільйон разів) більше, ніж частоті 3 кГц. Для того, щоб на частоті 30 Гц гучність звуку відповідала гучності 25 дБ SPL на частоті 3 кГц, потрібно додатково ще 40 дБ (або 10 000 разів більша потужність). Отже, **при низьких рівнях звукового тиску людське вухо набагато чутливіше до середніх частот, ніж до низьких.** По-друге, якщо для того, щоб на частоті 3 кГц підвищити гучність на 25 дБ, її потрібно підняти на всі 25 дБ (з дБ SPL до 25 дБ SPL), то на частоті 30 Гц потрібно всього лише 5 дБ, щоб домогтися такого ж підвищення суб'єктивної гучності.

Якщо знову звернутися до графіків, можна зробити висновок, що 25 дБ над порогом слухового сприйняття на частоті 3 кГц рівноцінні за гучністю 5 дБ над порогом сприйняття на частоті 30 Гц. Таким чином, динаміка звуку, що сприймається, значно збільшується на низьких частотах. При високих значеннях звукового тиску, що перевищують 100 дБ, залежність є більш лінійною.

Що відбувається, коли симфонічний оркестр грає у залі, створюючи звуковий тиск 100 дБ. Прямий звук сприйматиметься - судячи з 100 дБ кривим на графіках кривих рівновеликої гучності - з досить рівним балансом частот. А от коли ревербераційне післязвучтя зменшиться на 50 дБ, то при звуковому тиску 50 дБ SPL, що залишився, SPL звук на середніх частотах як і раніше добре прослуховуватиметься, а в більш низьких октавах - впаде нижче порога чутності.

Враховуючи, що реверберація, в концертних залах, складається з післязвучтя, коли вплив прямих і відбитих звуків вже припинився, можна сказати, що більшість реверберації, що сприймається нами, відноситься до області, де — при лінійній залежності часу реверберації від частоти — низькі частоти йдуть за поріг чутності.

Звідси випливає, що зали, в яких на низьких частотах зростає час реверберації, краще підходять для музики, що виконується на малій гучності, адже вони можуть забезпечувати більш рівномірний розподіл частотного балансу реверберації післязвучень, що сприймається.

А ось рок-музика, що виконується на гучності 120 дБ у залах, де **RT** збільшується на низьких частотах, може легко звернутися до нерозбірливої низькочастотної «каші». Очевидно, що для електричної рок-музики загальне **RT**, як правило, має бути набагато менше, ніж для оркестрової музики, з повною впевненістю можна сказати, що для рок-музики бажана більш лінійна крива залежності **RT** від частоти або навіть крива, у якої на низькі частоти **RT** скорочується.

**Вокальні кімнати.** Слухаючи записану музику, особливо в навушниках, часто вловлюєш характер звучання приміщення, де записувався вокал. Саме по собі це не є проблемою, якщо приміщення не створює так званого «коробчастого» бубонного звучання або звучання, яке не відповідає пісні або її інструментуванню. з метою домогтися його, запису окремо від

інших інструментів, або в малій за розміром кімнаті, можливо, зручності заради.

Причиною також може бути те, що в потрібний час не виявилось великої або нейтральної кімнати. Лихо ще й у тому, що безліч контрольних кімнат та/або моніторних систем самі по собі недостатньо нейтральні, щоб дати можливість студійному персоналу помічати нюанси акустики вокальних кімнат.

Особливо це характерно для багатьох мультимедійних студій та project-студій, у яких відсутня належна увага до умов моніторингу в контрольних кімнатах. Часто у вокальних кімнат час загасання акустики менший, ніж у більшості контрольних кімнат, тому звучання кімнати, де робиться запис, втрачається в акустиці моніторної системи контрольної кімнати. Бувають ще й випадки, коли персонал студії настільки звикає до звучання вокальної кімнати, що не чує його особливостей на тлі записів. Проблема ця зараз стоїть, можливо, гостріше, ніж раніше, оскільки системи цифрового запису знизили рівень фону настільки, що зробили чутними на побутовій техніці навіть ті звуки, які раніше губилися у фоновому шумі.

У випадках, коли потрібна нейтральність звучання, вокальні партії найкраще виконувати, стоячи посередині великої кімнати, де утворюється мало ранніх відбитків. Якщо заважають відбиття від підлоги, можна постелити килимки, на яких стоятимуть вокалісти, що дозволить одночасно знизити знімання мікрофонами шуму руху ніг. Проте слід зазначити, що вокальна енергія здебільшого спрямована не на підлогу, а тому й відбиття від неї занадто мало, щоб створювати проблеми. Більше того, для вокалу зазвичай застосовуються мікрофони з кардіоїдною або "вісімковою" діаграмою спрямованості, а такі типи спрямованості, природно, ігнорують відбиття від статі.

Спеціально проєктовані вокальні кімнати повинні бути якомога нейтральнішими, якщо не передбачається використовувати «живість» акустики кімнати заради ефекту.

Проблема ж із використанням «живих» кімнат для вокалу полягає в тому, що характер їхньої акустичної об'ємності, який вважається добрим для інструментів, часто виявляється не таким вже й хорошим для вокалу. У великих кімнатах простір навколо мікрофона зазвичай відрізняється відсутністю раних відбитків, які б фарбували звук.

А ось у малих кімнатах битися цього не так вже й легко. Від акустики малих кімнат, особливо тих, які зазвичай асоціюються з вокальними кімнатами, дуже важко досягти загальної нейтральності. Тому в тих випадках, якщо немає великої кімнати, робити вокальні записи, мабуть, найкраще в таких умовах, коли кімната не дає акустичної об'ємності взагалі, за винятком, хіба відбитків, що йдуть від підлоги та вікна.

Якщо використовуються мікрофони з кардіоїдною або «вісімковою» діаграмою спрямованості, то вони зазвичай встановлюються так, щоб звести до мінімуму відображення, що ними відбиваються від підлоги і вікон. Ще одна відмінність між записом вокалу та записом інших інструментів полягає в тому, що в першому випадку потрібно ще й враховувати і фактор розбірливості вокального матеріалу. Невеликі розміри приміщення забезпечують занадто маленький «тимчасовий зазор» між прямим звуком вокалу та його першими відображеннями, а це може призвести до того, що багато вокальних нюансів і тонкощів «вокальної еквілібристики» стають нерозбірливими.

Зважаючи на те, що в цілому енергія низькочастотних мод кімнати практично не слабшає, прості спроби домогтися її поглинання за рахунок облицювання стін та стелі звукопоглинаючою плиткою будуть явно недостатніми. Плитка буде, швидше за все, поглинати високі частоти, залишаючи майже незайманими моди, що існують на нижніх середніх і низьких частотах.

Якщо ж вирізати шкідливі частоти еквалайзером, щоб усунути нижні частоти з непотрібної нам об'ємності, то при цьому ми приберемо ці ж частоти і з прямого звуку вокалу. У свою чергу, це засмутить природну

структуру гармонік та позбавить голос сили, його краси та тембру. Зробити маленьку кімнату музично нейтральною практично неможливо, а тому в переважній більшості випадків єдине, що можна придумати для маленької вокальної кімнати, так це досягти повної звукопоглинання, а потім забезпечити невелику кількість дискретних відображень.

Якщо ми зробимо акустику кімнати занадто «мертвою», то вокалісти, входячи в неї, будуть почуватися незатишно, хоча під час запису вони майже завжди надягають навушники, все ж таки їх перше враження може мати далекосяжні наслідки. Ніколи не можна давати вокалісту почуватися незатишно, навіть якщо це стосується кількох секунд з того моменту, як він входить до кімнати, і до того, як він одягне навушники. Ці кілька секунд можуть викликати в нього невпевненість, відчуття, що він зараз не в голосі.

Можливо, це прозвучить нелогічно, але виконавська робота артистів — річ надзвичайно тендітна, і треба всіляко уникати будь-яких ризиків, які можуть вплинути на їхній настрій. На щастя, якщо є тверда підлога та вікно або скляні двері, то це вже дозволяє створити достатню кількість «живих» відбитків, які не дадуть музикантам, що входять до кімнати, зазнати ефекту безлужної камери. До того ж, усе це зазвичай не призводить до появи «коробчастого» призвуку.

### 1.3. Акустичні характеристики студії

**Звукове поле у приміщенні. Індекс дифузності.** Звукові хвилі в закритих приміщеннях, багаторазово відбиваючись від його поверхонь, утворюють складне поле коливального руху частинок повітря. Закони розподілу коливальної швидкості частинок повітря, рівня звукового тиску, напрямів поширення акустичної енергії в закритих приміщеннях визначаються не тільки характеристиками джерела звуку, але також і



геометричними розмірами, формою приміщення, здатністю стін, підлоги та стелі поглинати акустичну енергію.

З цієї причини звукові поля у закритому приміщенні та у вільному просторі суттєво відрізняються. Наприклад, у вільному полі інтенсивність звуку є потік енергії за одиницю часу через одиницю поверхні у напрямі поширення звукової хвилі. Для звукового поля в приміщенні, якщо поглинання звукової енергії незначне, поняття інтенсивності в цьому своєму класичному визначенні втрачає сенс, бо в кожний момент часу одночасно існують потоки енергії, що поширюються (внаслідок відбитків) у різних напрямках. Рівні звукових тисків можуть дуже змінюватися від однієї точки поля до іншої.

Ці зміни істотно відрізняються від спостережуваних в умовах відкритого простору для поля хвилі, що біжить.

Універсальною та зручною в даній ситуації енергетичною характеристикою звукового поля є щільність звукової енергії  $\epsilon$ . Вона залежить як від акустичної потужності джерела звуку, а й від акустичних властивостей приміщення.

Звукове поле приміщення в кожній точці простору можна представити як сукупність хвиль, що приходять безпосередньо від джерела по найкоротшому шляху (прямий звук), і хвиль, що потрапляють у цю точку після одного або кількох відбитків (сукупність відгуків, що утворюють процес реверберації в приміщенні). Напрями потоків енергії відбитих хвиль залежать від геометричної форми приміщення та ступеня поглинання акустичної енергії межами (поверхнями) приміщення.

При зміні співвідношення між довжиною хвилі та розмірами приміщення, акустичних властивостей і форм поверхонь, що відбивають, характер звукового поля приміщення змінюється. Якщо приміщення не містить фокусуєчих поверхонь і геометрично симетричних перерізів, е розміри приміщення значно більші за довжину хвилі і якщо стіни не сильно поглинають звукову енергію, то через деякий час при безперервній дії

джерела через довільний елемент об'єму приміщення в кожний момент часу проходитиме велика кількість окремих хвиль, що поширюються у різних напрямках.

В результаті звукове поле буде мати такі властивості: 1) всі напрямки потоків енергії цих хвиль будуть рівномірними: 2) щільність звукової енергії & такого поля по всьому об'єму приміщення буде постійною. Першу властивість називають ізотропією звукового поля, а друге однорідністю. Звукове поле ізотропне та однорідне називають дифузним.

Для дифузного звукового поля постулюється ще одна важлива властивість: всі елементарні хвилі цього поля некогерентні, тому в ньому відсутні стійкі явища інтерференції. Кількісним заходом оцінки дифузності звукового поля у приміщенні є індекс дифузності. Експериментально може бути знайдено так. У приміщенні збуджують сигнал змінної частоти (так званий виючий тон).

У досліджуваній точці приміщення мають мікрофон з гострою діаграмою спрямованості, Сигнали, сприйняті мікрофоном від джерела звуку при його орієнтації в межах тілесного кута  $0 \dots$  наносять на просторову діаграму в полярних координатах і отримують систему відрізків, що сходяться в одній точці (рис. 1.13).

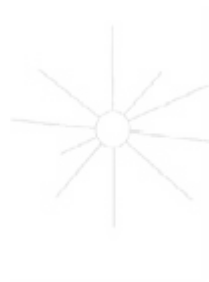


Рис 1.13 К поняттю коефіцієнта індекса дифузності

Довжини цих відрізків пропорційні інтенсивності звуку, прийнятого з боку відповідного напрямку  $\Omega$ ,  $\Omega + \Delta\Omega$ . При цьому індекс можна знайти за формулою 1.1., а відхилення інтенсивності див формулу 1.2.

Формула 1.1 Індекс дифузності

$$i_a = 1 - \frac{m}{m_0}$$

$$\Delta I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta I_i$$

Формула 1.2 Відхилення інтенсивності звуку від середнього значення.

$I_{cp}$  – середня інтенсивність звуку не більше повного тілесного кута;

$I_i$  – інтенсивність звуку для  $i$ -ого напрямку;

$n$  – кількість взятих напрямів;

$\Delta I = (I_i - I_{cp})$  - відхилення інтенсивності звуку від середнього значення;

$m$  - відносне відхилення інтенсивності звуку, усереднене по всьому напрямку;

$m_0$  – відносне відхилення інтенсивності звуку від середнього значення, виміряне в заглушеній камері.

При  $m = m_0$  (цілком заглушене приміщення), індекс дифузності дорівнює нулю. Якщо  $m = 0$ , поле ідеально дифузне.

Для великої кількості залів середнє значення індексу дифузності становить близько 0,65...0,75. Зі збільшенням обсягу приміщення ( $V > 10000$  м) індекс дифузності зменшується. Його збільшують застосуванням у приміщеннях різноманітних за формою об'ємних звукопоглинаючих конструкцій.

**Поглинання звукової енергії у приміщенні .** Поглинання звукової енергії у приміщенні. Падаючи на поверхню (рис. 1.14), звукова хвиля частково відбивається від неї, частково поглинається матеріалом поверхні, переходячи в теплову енергію, частково може піти за межі приміщення

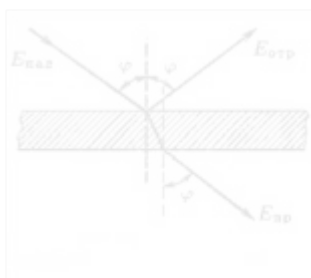


Рис 1.14 Діаграма відображення процесу відбивання й заломлення звукової хвилі

Процеси заломлення звукової хвилі на поверхні підпорядковуються законам геометричної акустики. При цьому енергія, що залишилася в приміщенні після відображення звукової хвилі, характеризується коефіцієнтом відображення  $\beta$ , енергія, що втрачається в приміщенні після відображення, - коефіцієнтом звукопоглинання  $\alpha$ , енергія звукової хвилі, що пройшла крізь поверхню - коефіцієнтом звукопровідності  $\gamma$  див. формулу 1.3.

Формула 1.3 Коефіцієнти: звукопоглинання  $\alpha$ , відображення  $\beta$ , звукопровідностей  $\gamma$

Де  $E_{\text{пад}}$  - енергія звуку, що падає на поверхню;  $E_{\text{отр}}$  - енергія звуку, відбитого від поверхні;  $E_{\text{пр}}$  - енергія звукової хвилі, що пройшов крізь поверхню в сусіднє помешкання;  $E_{\text{погл}}$  - енергія звукової хвилі, що втрачається в приміщенні при відображенні. Вочевидь, що  $\alpha + \beta = 1$ , як і  $E_{\text{погл}} + E_{\text{отр}} = E_{\text{пад}}$ . Значення коефіцієнтів  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\gamma$  залежать від матеріалу та конструктивних особливостей поверхні, частоти та кута  $\varphi$ . Значення коефіцієнтів звукопоглинання  $\alpha$ , що наводяться в довідниках, отримані в дифузному звуковому полі. У цьому випадку коефіцієнт звукопоглинання є середнім значенням сукупності всіх його можливих значень див формулу 1.4:

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i(\varphi_i)$$

Формула 1.4 Середній коефіцієнт звукопоглинання

Де  $\alpha_i(\varphi_i)$  – коефіцієнт звукопоглинання при вуглу падіння звукової хвилі  $\varphi_i$ .

Добавочні коефіцієнти  $\alpha_{доб}$

Таблиця 2

Найменування студії	Значення $\alpha_{доб}$ , Гц		
	125	250	500...2000
Середня музична, мала	0,075	0,06	0,03
музична, камерна			
Велика музична	0,09	0,075	0,04

Поверхні порожнього приміщення, оброблені різними матеріалами з коефіцієнтами звукопоглинання  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  при позаду поверхні кожного з них відповідно до рівної  $S_1, S_2, \dots, S_n$  утворюють загальний фонд звукопоглинання див формулу 1.5.

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n = \sum \alpha_n S_n$$

Формула 1.5 Загальний фонд звукопоглинання

Тут  $S_1 + S_2 + \dots, S_n = S$  – сумарна площа всіх поверхонь приміщення.

Додатковий фонд звукопоглинання утворюють люди, предмети обстановки (щодо яких важко оцінити площу, яку вони займають).

Якщо відомі загальна кількість одиниць звукопоглинання для кожного такого об'єкта ( $A_1, A_2, \dots, A_k$ ) та їх кількість у приміщенні  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ , то додатковий фонд звукопоглинання див формулу 1.6.

Формула 1.6 Додатковий фонд звукопоглинання

**Оптимальний час реверберації на студіях.** Оптимальне значення стандартного часу реверберації, у якому передача сприймається найкраще, залежить від жанру програми, обсягу приміщення та частоти. Для двох основних видів мовних програм - мовленнєвих і музичних - оптимальне значення тропи істотно різне. У більшості випадків воно регламентується для частотного діапазону 125...4000 Гц. Чим менше час реверберації, тим вища розбірливість мови.

Однак надто малий час реверберації робить звучання надто сухим. збільшує його у тембральному відношенні. Збільшення  $T_r$ , збагачує звучання, покращує чіткість та прозорість звучання. надає йому просторовість, об'ємність, гучність, але погіршує умови сприйняття смислової інформації під час мовної передачі. Для дикторських студій час реверберації має залишатися практично постійним (0,3...0,4с) у смузі частот 125...4000 Гц. Допускається зменшувати це значення до 0,2...0,25с у студіях меншої площі.

Оскільки низькочастотні компоненти спектра визначають переважно гучність звучання, то зниження часу реверберації на низьких частотах певною мірою сприяє підвищенню розбірливості мови.

Тому в телевізійних студіях, де основним видом звучання є мова, рекомендується забезпечувати горизонтальну частотну характеристику часу реверберації в діапазоні 250...4000 Гц з плавним спадом на більш низьких частотах. На частоті 125 Гц розмір спаду  $\delta$  повинен становити 20...25 % значення тропи в смузі частот 250...4000 Гц.

Конкретне значення Тропт залежить від розмірів студії і збільшується зі збільшенням обсягу приміщення  $V$ . Наприклад, для телевізійних студій із площею підлоги 600, 300, 150 і 60...80 м<sup>2</sup> значення Тропт відповідно дорівнюють 0,9; 0,8; 0,65 і 0,4с

Розбірливість мови характеризується коефіцієнтом артикуляції  $\omega$ , під яким зазвичай розуміється виражене у відсотках відношення числа правильно зрозумілих складів артикуляційної таблиці до їх загального числа. Якщо

значення цього коефіцієнта відповідно не нижче 96, 85 або 75%, то прийнято вважати сприйняття відмінним, добрим або задовільним. За даними В. Кнудсена, величина  $\omega$ , % визначається рівністю див формулу 1.7

$$\omega = 96 k_L k_T k_N k_S \approx 96 k_L k_T$$

Формула 1.7 Коефіцієнт артикуляції

Де  $k$  - коефіцієнти, що показують, як зменшується коефіцієнт артикуляції від рівня гучності  $L$ , часу реверберації  $T_r$ , рівня заважають шумів  $N$ , форми і розмірів приміщення  $S$ . Зазвичай в нормальних умовах два останні коефіцієнти близькі до одиниці.

Перші два коефіцієнти є функціями часу реверберації та обсягу приміщення. Значення всіх цих коефіцієнтів знайдено досвідченим шляхом.

Для кожного обсягу приміщення можна підібрати такі значення коефіцієнтів  $k_L$  і  $k_T$ , при яких величина буде максимальною. Кожна із залежностей  $\omega =$  має явно виражений максимум, при якому коефіцієнт розбірливості максимальний. Важливо, що зі збільшенням обсягу приміщення його максимальне значення падає.

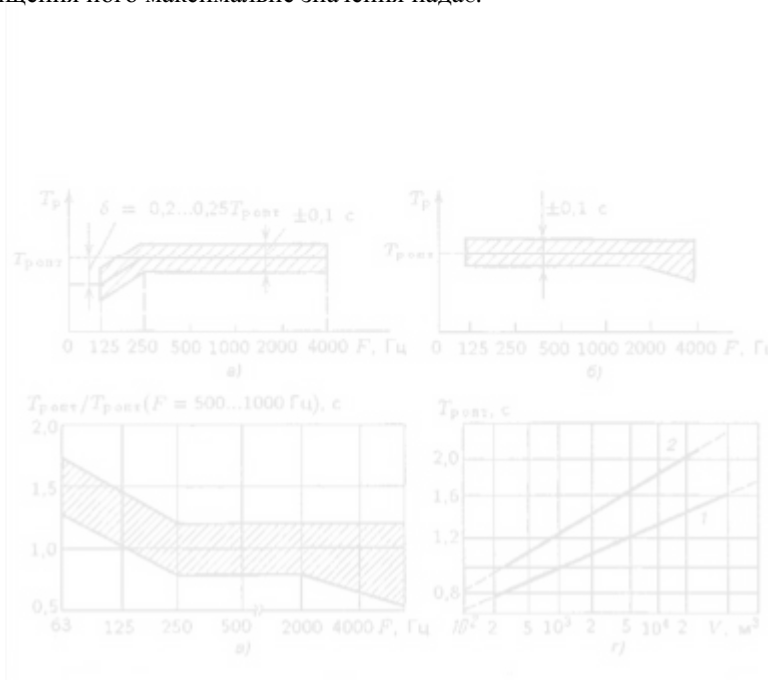


Рис 1.15 Межі зміни часу стандартної реверберації у мовній (а) та музичних студіях, б - за нормативними документами України, в по TGL 10687/04, а також залежність цього часу від обсягу для мовних(1) та музичних студій(2) (середні частоти 500 ...1000Гц)

У літературно-драматичних студіях час реверберації має бути більшим, щоб передати все багатство відтінків промови актора. Великі літературно-драматичні студії з площею підлоги 150...200 м<sup>2</sup> повинні мати  $T_{\text{роп}} = 0,8...1,0\text{с}$ , а для студій меншої площі (близько 100 м<sup>2</sup>) - 0,5...0.7с. Вимоги до оптимальної реверберації в малих літературно-драматичних студіях (з площею статі 30...40 м<sup>2</sup>) ті самі, що й для дикторських студій. До літературно-драматичного блоку (ЛДБ) радіобудинку зазвичай входить заглушена студія, призначена для створення різних звукових ефектів, а також для запису передач, які за задумом режисера повинні відбуватися на відкритому повітрі.

У таких студіях слід забезпечити мінімально можливий час реверберації: у смузі частот 125...4000 Гц він повинен перевищувати 0,15 з. Іноді до складу ЛДБ включають студію, яка є гулким приміщенням. За аналогією з кімнатами «луна» їм рекомендується горизонтальна форма частотної характеристики часу реверберації при  $T_r = 3\text{с}$ .

У музичних студіях оптимальний час реверберації значно більше, ніж у мовних. Це сприяє поліпшенню мелодійності, виразності звучання: багатшими, тонше нюансованими, природнішими сприймаються тембри інструментів; звучання набуває прозорості, ясності, чіткості, об'ємності. Усе це позитивні сторони реверберації.

Для музичних студій оптимальне значення стандартного часу реверберації визначалося багатьма дослідниками як теоретичним, і експериментальним шляхом. На думку О.М. Качеровича найбільшу перевагу можна віддати залежності

Формула 1.8 Оптимальне значення стандартного часу реверберації



Запропонованої Е. Майером та Р. Тіле.

Тут  $k$  - поправочний коефіцієнт, що дорівнює 1 для приміщень об'ємом  $V$ , що не перевищує  $2000 \text{ м}^3$ , і повільно зростає при  $V > 2000 \text{ м}^3$ ;

$\alpha$  – середнє значення коефіцієнта звукопоглинання, що залежить від призначення приміщення.

Нижче наведено середні значення коефіцієнта звукопоглинання  $\alpha$  для різних груп приміщень (незалежно від їх обсягу при  $k = 1$ ):

• Концертна зала для виконання симфонічної музики .....	0,19
• Оперний театр .....	0,2
• Драматичний театр, кінозал .....	0,22
• Естрадний театр .....	0,25
• Ательє для озвучування під час створення ефекту відкритого простору .....	0,45

Формула (1) призводить до принципової залежності  $T_{\text{ропт}}$  від обсягу приміщення  $V$ . Параметром кожної кривої є  $\alpha$ .

Оптимальний час реверберації залежить від частоти. Відомо, що при значному підйомі характеристики реверберації в області нижніх частот приміщення стає «гучним», що призводить до зниження артикуляції та неприємного звучання музики. Різне зниження часу реверберації на найвищих частотах позначається на маскуванні приголосних звуків мови та позбавляє «яскравості» звучання музики. Велике значення має тут і слухацький досвід. Наприклад, характер промови під час проповідей у соборах та звучання в них органної музики привчили слухачів до великої реверберації з підйомом у нижніх частотах. Старовинні концертні зали з великою кількістю драпірування привчили слухачів до зниження часу реверберації на верхніх частотах. Приміщень, обшиті деревом, властиво

зниження часу реверберації в області верхніх частот, що також створює приємне звучання музики.

Для музичних студій кращою є горизонтальна форма частотної характеристики  $T_{\text{ропт}}$ . При цьому у великих студіях (з площею підлоги понад 450 м<sup>2</sup>) на верхніх частотах допускається спад часу реверберації, зумовлений поглинанням звуку в повітрі (див. рис. 1.15.в), а на нижніх частотах його підйом (див. рис. 1.15, в).

Зі збільшенням обсягу музичної студії час Тропт зростає (див. рис. 1.15, г). Однак у студіях об'ємом понад 2000...5000 м<sup>3</sup> на величину  $T_{\text{ропта}}$  набагато сильніше впливає жанр твору. За даними фундаментальних досліджень В. Куля, оптимум реверберації у великих студіях ( $V > 5000\text{м}^3$ ) мало залежить від об'єму і становить 1,48 ( $\pm 0,05$ ) для сучасної класичної музики, 1,54 ( $\pm 0,3$ ; -0,07) з для класичної музики та 2,07 (+0,2; -0,07) з для романтичної симфонічної музики, Великі музичні студії, призначені окремо для запису класичної та романтичної музики, складно будувати. Тому для подібних приміщень вибирають компромісні значення тропа.

На підставі тривалого досвіду експлуатації рекомендується вибирати для великих (площею 750 м<sup>2</sup>), середніх (350...400 м<sup>2</sup>) та малих (250...300 м<sup>2</sup>) музичних студій значення тропа, рівні відповідно 2,0; 1,5...1,7 та 0,9...1,1 с. У студіях, призначених для виконання естрадної та джазової музики, площею 350...450 м<sup>2</sup> значення  $T_{\text{ропт}}$ . Повинно становити 0,9...1,1с, а невеликих камерних студіях (площею 150 м<sup>2</sup>) одно 1,0 ( $\pm 0,2$ ) з.

Оптимум і форма частотної характеристики часу реверберації в різних студіях однакового обсягу можуть коливатися в досить широких межах залежно від форми студії та її висоти, розташування звукорозсіювальних конструкцій, варіантів розміщення оркестрантів, прийнятої технології звукозапису (з використанням акустичних кабін для розміщення виконавців, акустичних щитів та тому подібних конструкцій). Тому зазначені оптимальні значення часу реверберації, запозичені з нормативних документів, слід розглядати як початкові дані, що підлягають уточненню у процесі

акустичного настроювання студії. Елементи акустичного налаштування студії повинні бути передбачені в обов'язковому порядку вже на стадії її проектування

Апаратні та кімнати прослуховування за своїми параметрами близькі до мовних студій. Оптимальне значення часу реверберації для них рекомендується вибирати із співвідношення

$$\text{Де } V_0 = 100 \text{ м}^3, T_p = 0,28 \pm 0,05;$$

$V$  – обсяг приміщення (змінюється зазвичай не більше 100...300 м<sup>3</sup>).

Частотна характеристика часу реверберації – пряма горизонтальна з відхиленням  $\pm 0,05$  с. на частотах нижче за 160 Гц після допуску збільшується до  $\pm 0,1$  с.

## РОЗДІЛ II. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СТУДІЇ

### 2.1. Особливості проектування студій звукозапису

#### Стандартний час реверберації.

Стандартний час реверберації, щільність звукової енергії, що встановилася в приміщенні, залежить від акустичної потужності  $P_a$  джерела звуку. Зі збільшенням  $P_a$  тривалість (с і с) процесу реверберації зростає, хоча його слухова оцінка фактично залишається незмінною. Щоб час реверберації характеризував лише акустичні властивості приміщення, треба виключити його залежність від  $P_a$ .

Для цього введемо поняття стандартного часу реверберації  $T_p$  приміщення - часу, протягом якого щільність звукової енергії зменшується на 60 дБ. З цього визначення випливає, що за  $t = T_p$

$\epsilon_0$  – встановлена площина звукової енергії в приміщенні.

$\alpha S = A$  – загальне поглинання звукової енергії у приміщенні

Після логарифмування та підстановки значень  $C_{зв} = 340$  м/с і  $\lg e = 0,434$  вирішимо отриманий вираз щодо

$$T_p = \frac{0,164V}{[-S \ln(1 - \alpha) + 4\mu V]}$$

Формула 1.9 Стандартний час реверберації

Отже, стандартний час реверберації залежить від обсягу приміщення  $V$ , площі  $S$  поверхонь, що обмежують його, коефіцієнта звукопоглинання  $\alpha$  і поглинання звуку в повітрі. Зауважимо, що у знаменнику цієї формули перший доданок враховує втрати звукової енергії при відбиття, друге – поглинання звуку в повітрі.

Величини  $\alpha$  і  $\mu$  частотно-залежні. З підвищенням частоти стандартний час реверберації  $T_p$  зменшується насамперед через зростання  $\mu$ . Для невеликих приміщень, а також для приміщень великого об'єму, на частотах нижче 1000 Гц іншими складовими можна знехтувати див формулу 1.10

$$T_p \approx \frac{0,07V}{[-S \lg(1 - \alpha)]}$$

Формула 1.10 Формула Ейрінга

У приміщеннях великого обсягу на частотах 1000 ... 4000 Гц обидва доданків у знаменнику виразів приблизно рівноцінні. На частотах понад 4000 Гц основну роль починає відігравати звукопоглинання в повітрі і стандартний час реверберації стає малим, що практично вже не впливає на слухове сприйняття.

Зауважимо, що  $\alpha' = -\ln(1 - \alpha)$  називають також ревербераційним коефіцієнтом поглинання. Залежність  $\alpha = f(\alpha')$  наведено на рис 2.1.

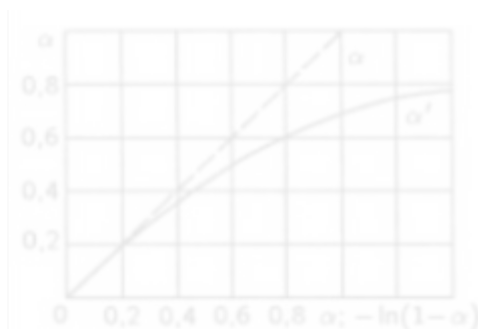


Рис 2.1. Зв'язок між середнім и ревербераційним коефіцієнтами звукопоглинання

При невеликих значеннях коефіцієнта звукопоглинання  $\alpha \leq 0,2$  справедливі співвідношення  $-\ln(1-\alpha) = \alpha$  можна перейти до формули Себіна див формулу 1.11

$$T_p = \frac{0,164V}{\alpha S}$$

Формула 1.11 Формула Себіна

Якщо звідси знайти звукопоглинання див формулу 1.12

$$\alpha = \alpha S = \frac{0,164V}{T_p}$$

Формула 1.12 Коефіцієнт звукопоглинання

І підставити цей вираз то отримаємо, що при постійній акустичної потужності джерела звуку повна звукова енергія, що встановилася в приміщенні, зростатиме зі збільшенням  $T_p$ :

$$\epsilon_0 \approx \frac{P_s T_p}{13,8V}$$

Формула 1.13 Постояна акустична потужність

Жодна з наведених тут розрахункових формул не є абсолютною точною, оскільки не враховує впливу форми приміщення, особливостей

розміщення джерела звуку та звукопоглинаючих матеріалів. Строго кажучи, ці формули придатні, якщо звукове поле в приміщенні є ідеальним дифузним. (рис 2,2 а)

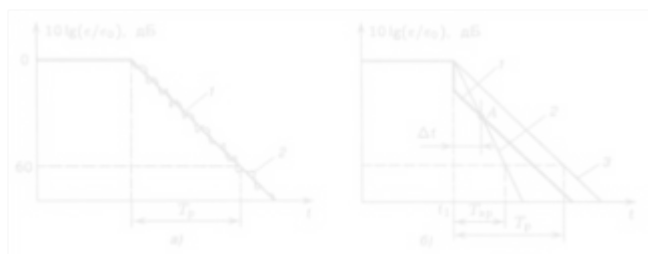


Рис 2.2.– Діаграми, що відображають оцінку часу стандартного (а) й еквівалентної ревербації; 1 – теоретична залежність; 2 – реальна залежність

Акустичне ставлення та еквівалентна реверберація.

Стандартний час ревербації є важливим, але не вичерпним критерієм акустичної якості приміщення. Цей параметр характеризує акустичні властивості приміщення в цілому, тоді як слухова оцінка звучання на окремих місцях прослуховування може бути різною, що насамперед обумовлено зміною співвідношення щільностей звукової енергії прямого звуку  $\epsilon_{пр}$  і енергії  $\epsilon_{отр}$ , що приноситься в цю точку всією сукупністю відбитків.

Якщо джерело звуку випромінює сферичні хвилі, то щільність звукової енергії прямого звуку в точку приміщення віддаленої від нього на відстань  $r$ ,

Щільність звукової енергії  $\epsilon_{отр}$  дифузної сировляючої опредлеим як частина щільності звукової енергії  $\epsilon_0$ , що залишається в приміщенні після вимкнення джерела звуку через інтервал часу  $t_{ср}$  (тобто після першого відображення від поверхні приміщення):

Величину, що характеризує співвідношення щільності звукової енергії прямого і дифузного звуків, називають акустичним ставленням

Величина  $R$  залежить від частоти, оскільки коефіцієнт частотнозалежний. Для джерела звуку з напрямленим випромінюванням акустичне відношення може бути розраховане за формулою

Де  $\alpha$  – середній коефіцієнт звукопоглинання,

$S$  – площа обмежуючих поверхонь приміщення,

$\Omega$  – коефіцієнт осьової концентрації джерела звуку,

$D(\varphi)$  – його характеристика спрямованості,

$\varphi$  – кут між акустичною віссю джерела звуку та напрямком на розглянуту точку приміщення.

Якщо врахувати, що  $\alpha S = 0,164V/T_p$ , то вирази та можна подати так

$$R = 30 \frac{r^2 T_p}{V(1 - \alpha)}$$
$$R^1 = 30 \frac{r^2 T_p}{(V \Omega D^2(\varphi))(1 - \alpha)}$$

Акустичне відношення зростає зі збільшенням відстані між джерелом звуку і слухачем, збільшення часу реверберації, використанні менш спрямованих джерел звуку з малим значенням коефіцієнта осьової концентрації, зменшенні середнього коефіцієнта звукопоглинання поверхонь приміщення та обсягу останнього. Останній висновок підтверджують експериментальні криві залежності  $R = f(V)$ , представлені на рис. 2.3. У разі збільшення відстані до джерела звуку акустичне ставлення зростає, що очевидно. При зменшенні обсягу приміщення акустичне відношення також

зростає. Це означає, що при зменшенні об'єму приміщення частка дифузної енергії зростає значно швидше ніж частка прямого звуку.

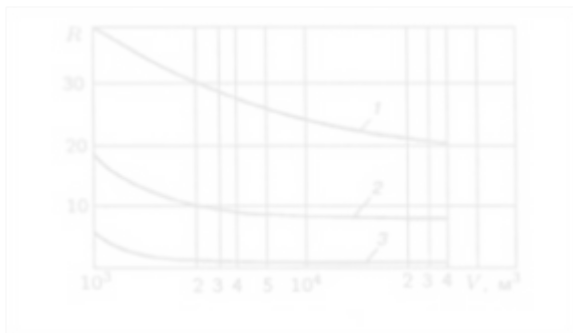


Рис 2.3. Залежність акустичного відношення  $R$  від об'єма, наприкладі кинотеатру, для першого (3), середнього (2) і останнього (1) ряду глядача

Зміна акустичного відношення сприймається слуховою системою як зміна часу реверберації. Для музичних програм акустичне ставлення сягає 6..8, окремих випадках до 10...12 (органна музика). При  $R < 2$  музичне звучання здається неприродно сухим. Для мовних програм зазвичай  $R < 1$ . Відстань до джерела звуку, у якому  $R = 1$ , називається радіусом гучності приміщення. При великих відстанях і звучанні з'являється гучність. Для одиночного джерела звуку радіус гучності

Як видно із рис. 2.2 Б (крива 1), звукова енергія в приміщенні при наявності в точці розташування мікрофона прямого і відбитого звуків в момент часу  $t_1$  змінюється стрибком, що зумовлено зникненням поля прямого звуку при вимкненні звуку. Розмір цього стрибка  $\Delta$  визначається акустичним ставленням. В ідеально дифузному полі  $R = \infty$  згаданий стрибок відсутній (крива 3 рис 2.2 б)

Два процеси спадання звукової енергії в приміщенні - реальний зі стрибком рівня в момент  $t_1$  (крива 1 на рис 2.2 б) і без стрибка (крива 2) - оцінюються на слух як еквівалентні за гучністю, якщо точка перетину А від моменту  $t_1$  на інтервал  $\Delta t \approx 0,2c$ .



Час, протягом якого щільність звукової енергії цього еквівалентного процесу (крива 2) зменшується на 60 дБ (або в  $10^{-6}$  разів) і визначає еквівалентний час (що відчувається на слух) реверберації  $T_{ер}$ , можна змінювати суб'єктивне відчуття реверберації, що сприймається. Як правило,  $T_{ер} \leq T_p$  і тільки при  $R \rightarrow \infty$   $T_{ер} \approx T_p$ .

Для розрахунку значення  $T_{ер}$  користуються формулою

Де -  $\Omega_n = \frac{E_{д1}^2}{E_{д2}^2} \Omega_n = \frac{E_{д1}^2}{E_{д2}^2}$  Коефіцієнт напруженості мікрофона;  
 $E_{д1}, E_{д2}$  и  $E_{д1}, E_{д2}$  – чутливість мікрофона до прямого та дифузного звуків відповідно.

Еквівалентна реверберація  $T_{ер}$  істотно залежить від відстані між джерелом звуку і точкою розташування мікрофона, а також від характеристик спрямованості останніх. При малому значенні  $r$  вона помітно менше  $T_p$  через великий рівень прямого рівня. Сприйнята реверберація у разі послаблюється. При  $R > 3$  маємо  $T_{ер} \approx T_p$ . Час  $T_{ер}$  може бути малим при використанні мікрофонів, орієнтованих на джерело звуку.

**Фактори чіткості та ревербераційних перешкод.** Відбиті сигнали, що становлять початкову ділянку ревербераційного процесу в приміщенні, підсумовуються з прямим звуком і сприймаються з ним разом, збагачуючи тембр звучання і збільшуючи його гучність. У той же час відбиті звуки, що мають великий час запізнення (більше 50 мс для мови і більше 100...150 мс для музики), розмивають звучання, знижують його чіткість.

Критерієм, що відбиває цю особливість слухового сприйняття, є так званий фактор чіткості  $D$ ), вперше введений Р. Тіле. Він являє собою відношення «корисної» частини енергії відбитих звуків (в межах якої сигнали, що запізнюються, тісно корелювані з сигналом прямого звуку) до всієї енергії ревербуючого сигналу:

$$D = \frac{\int_0^T \varepsilon(t) dt}{\int_0^{\infty} \varepsilon(t) dt}$$

Тут  $\tau = 50$  мс для мови та 100...150 мс для музики. Його оптимальне значення не залежить від обсягу приміщення і суттєво відрізняється за величиною мови та музики. Для промови значення фактора  $D$  в першу чергу пов'язане з розбірливістю, його оптимальне в цьому випадку становить 0,7 ... 0,75. Для музичних сигналів у приміщеннях з гарною акустикою він має бути в середньому однаковим та рівним 0,54.

Точніше враховує корисну та шкідливу складові ревербераційного процесу приміщення фактор ревербераційних перешкод (критерій Сухаревського-Стретта). Він є відношенням енергії прямого звуку  $E_{пр}$  і тієї корисної частини відбитої дифузної енергії  $E_{д(t \leq 1/16)}$ . Яка сприймається слухом протягом 1/16 після приходу прямої хвилі, до всієї іншої відбитої енергії  $E_{д(t > 1/16)}$ , що відноситься до шкідливої її частини.

$$Q = \frac{E_{пр} + E_{д(t \leq 1/16)}}{E_{д(t > 1/16)}}$$

До шкідливої відноситься також енергія сторонніх звуків та шумів  $E_{ш}$ . Шляхом виконання ряду не надто складних перетворень вираз 5,54 може бути приведений до вигляду

$$Q = e^{\frac{0,84}{T_p}} \left[ 1 - \frac{(1 - \alpha) \ln(1 - \alpha)}{R_{\alpha}} \right]^{-1}$$

Тут як раніше  $T_p$  - стандартний час реверберації;

$R$  – акустичне відношення;

$\alpha$  – коефіцієнт звукопоглинання.

У тому випадку, коли  $1 - \alpha \approx 1$ , а  $\ln(1 - \alpha) = -\alpha$  маємо

$$Q = e^{\frac{0,84}{T_p}} \left( 1 + \frac{1}{R} \right)^{-1}$$

Якщо  $T_p \geq 0,86$  с. то отриманий вираз ще більше спрощується, набуваючи вигляду  $Q \approx (1/R)$ .

Фактор ревербераційних перешкод насамперед був запропонований як критерій оцінки якості приміщень артикуляції. Криві залежності складової розбірливості  $W$  від фактора ревербераційних перешкод  $Q$ , обчислені для різних значень стандартного часу реверберації. Наявність трьох кривих (замість однієї), що відрізняються, говорить про відсутність однозначного зв'язку між  $W$  і  $Q$ .

Цей недолік усувається запровадженням поправочних коефіцієнтів, з урахуванням яких вираз перетворюється на вид

$$Q_1 = 0,39 \left\{ e^{0,25 N_r T_p} \left[ 1 - \frac{(1-\alpha) \ln(1-\alpha)}{R_a} \right] - 1 \right\} T_p N_r e^{-\frac{N_r}{76}}$$

Де  $N_r$  – рівень корисного сигналу в точці прийому, який визначається за формулою

Чинник  $Q_1$  враховує вплив часу реверберації та рівня сигналу в точці прослуховування на складову розбірливість. Експериментальна залежність складової артикуляції, отримана з урахуванням формул. Необхідна чіткість звучання забезпечується при  $Q \geq 2$ .

Зауважу, що вираз для оцінки фактора ревербераційних перешкод отримані в ситуації, що згасання енергії в приміщенні відбувається за експоненціальним законом, а звукове поле в ньому дифузне.

## 2.2. Технічне обладнання студій звукозапису

Технічні засоби, необхідні для радіомовної передачі та звукозапису, розташовуються у двох, зазвичай суміжних, об'єднаних оглядовим вікном,

але добре звукоізолюваних один від одного приміщеннях - у студії та апаратній.

У студії встановлюються мікрофони, гучномовець для режисерських команд та прослуховування виконавцями записаної програми та пульт диктора. В апаратній знаходяться мікшерний (звукорежисерський) пульт, пристрої для додаткової обробки сигналу (лінії затримки, ревербератори, еквайзери та інше обладнання), а також вимірювачі рівня сигналу, магнітофони, контрольні гучномовці та багато іншого.

**Основні технічні характеристики мікрофонів.** Мікрофон – це приймач звуку та перетворювач звукових коливань на електричні. Відомо безліч способів перетворення звукової енергії на електричну, але будь-який мікрофон, як би він не працював, можна описати певним набором технічних параметрів, що дозволяють судити про якість і, головне, придатність його застосування в різних цілях.

Чутливість (E) - одна з найважливіших характеристик мікрофона. Вона визначається як електрорушійна сила (ЕРС) при роботі мікрофона без навантаження або як напруга, створювана на стандартному опорі навантаження при впливі на чутливий елемент мікрофона звукового тиску, що дорівнює 1 Па. За одиницю чутливості приймають відношення одного мілівольта одного паскалю, тобто.  $E = 1 \text{ мВ/Па}$ . (Це визначення складено за системою одиниць СІ, до її введення за одиницю чутливості приймався один мілівольт на бар.)

Чутливість мікрофона під навантаженням і при неодруженому ході різна. Проте сучасні мікрофони зазвичай підключаються до високоомним (проти вихідним опором самого мікрофона) входам пульта, тобто. працюють у режимі, близькому до холостого ходу. Це дозволяє під чутливістю мікрофона з допустимою для практики точністю розуміти його чутливість на холостому ході. Чутливість мікрофонів: залежно від їхньої конструкції може становити від 1-2 (динамічні мікрофони) до 10-15 мВ/Па (конденсаторні мікрофони). І ще, чутливість, або рівень передачі, мікрофона більшою чи

меншою мірою залежить від частоти звукових коливань. Графік цієї залежності називають частотною характеристикою мікрофона (рис. 2.4).



Рис 2.4. Частотна характеристика мікрофона

Дуже важливий параметр частотної характеристики - її нерівномірність, яку представляють у децибелах, обчислених як відношення значень чутливості мікрофона на певній частоті до чутливості на середній частоті, за яку зазвичай приймають частоту 1000 Гц. Чутливості на частоті 1000 Гц умовно приписують рівень 0 дБ і від неї звітують нерівномірність як у позитивну, так і в негативну сторону.

Здатність мікрофона реагувати на звуки в залежності від просторового розташування джерела та напрямку приходу звукових хвиль визначається характеристикою спрямованості. Вона оцінює зміни чутливості мікрофона при зміні напрямків, якими звукові хвилі приходять до чутливого елемента. Характеристику або діаграму спрямованості графічно представляють у системі полярної координат. Будують ці діаграми так. Як опорний напрямок ( $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ ) використовують вісь мікрофона (фронтальний або перпендикулярний до лицьової сторони мікрофона напрямок). Бічні напрями визначаються кутами приходу стосовно осьової лінії. Уздовж лінії, що встановлює конкретний напрямок, відкладають відрізок, пропорційний чутливості у цьому напрямку.

Мікрофони прийнято підрозділяти за діаграмами спрямованості на три групи: неспрямовані, двосторонньоспрямовані та односторонньоспрямовані.

Мікрофоном ненаправленої дії називають такою, чутливість якого залишається постійною незалежно від напрямку, яким приходять до його чутливого елементу звукові хвилі.

Діаграма спрямованості такого мікрофона має форму кола (рис. 2.5).



Рис 2.5. Ідеалізована діаграма спрямованості мікрофона ненаправленого типу

Це якийсь ідеалізований пристрій. Насправді немає і не може бути мікрофона, для якого характеристика залишалася б правильним колом у всьому частотному діапазоні, так як з підвищенням частоти, коли довжина хвилі стає порівнянною з розмірами мікрофона (наприклад, на частотах 8-10 кГц), довжина звукової хвилі дорівнює приблизно 3-4 см і порівнянна з розмірами самого мікрофона.

Тому екрануюча дія корпусу мікрофона неминуче впливає на характеристику спрямованості. Мікрофони ненаправлені на низьких частотах звукового діапазону - більше 4-5 кГц - виявляють певну спрямованість, яка стає значною на високих частотах - 10-12 кГц та вище. Реальна діаграма спрямованості, яка наводиться в технічній документації до мікрофону ненаправленої дії, зазвичай має вигляд, подібний до представленого на рис. 2.5.

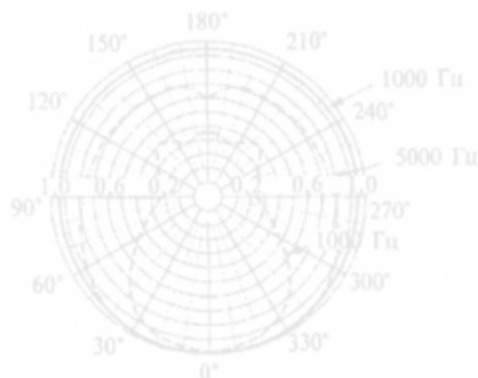


Рис 2.5 Залежність діаграми спрямованості від частоти звукового сигналу

Таким чином, говорити про ненаправлений мікрофон, звичайно, можна, але не забуваючи про умовність цього поняття. До сказаного додамо, що цей термін зазвичай відносять до мікрофонів з діаграмою спрямованості, близької до кругової, точніше до кульової, лише на низьких частотах.

Двосторонньоспрямовані мікрофони мають однакову чутливість з фронтальної та тилової сторін рухомого елемента, а чутливість їх у поперечному напрямку практично дорівнює нулю. Діаграми спрямованості цих мікрофонів мають форму вісімки (рис. 2.6).

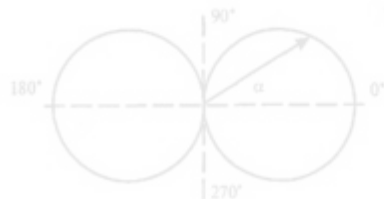


Рис 2.6. Діаграма спрямованості двостороннього мікрофона

Односторонньо спрямовані мікрофони сприймають звукові коливання, що надходять лише з переднього боку. Діаграми спрямованості подібних мікрофонів за формою близькі до геометричної фігури кардіоїди, тому часто називають кардіоїдними мікрофонами (рис. 2.7).

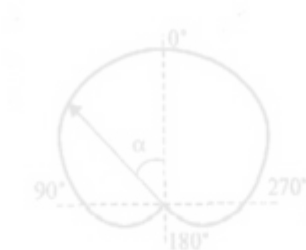


Рис 2.7. Кардіоїда типічна діаграма спрямованості одностороньонаправленого мікрофона

Ще одна модифікація типової діаграми спрямованого мікрофона з вузькою, перебільшеною спрямованістю - гіперкардіоїдою представлена на рис. 2.8.



Рис 2.8. Гіперкардіоїда остронаправленого мікрофона

Різні властивості спрямованості - результат спеціальних конструкторських хитрощів. Розглянемо, наприклад, мікрофон, до чутливого елемента якого звукова хвиля має доступ лише з одного боку (рис. 2.9).





Рис 2.9. Мікрофон як прийомник тиску

На нього діє сила  $F$ , пропорційна величині звукового тиску  $p$  та площі мембрани (або діафрагми)

$$F = p \cdot S$$

Такі мікрофони прийнято називати приймачами тиску. Поки довжина звукової хвилі помітно перевищує розміри мікрофона та його чутливого елемента, діаграма спрямованості практично залишається круговою. Однак є мікрофони, сконструйовані таким чином, що звукові хвилі підходять до рухомої системи з обох боків (рис. 2.10).



Рис 2.10. Мікрофон як прийомник градієнта тиску

Ці мікрофони прийнято називати приймачами градієнта тиску (або приймачами швидкості). Тут результуюча зовнішня сила  $F$ , що діє приймач звуку, пропорційна різниці тисків, що впливають на чутливий елемент з двох сторін. Ця різниця виникає за рахунок різних відстаней, які проходять звукові хвилі до фронту та тилу мікрофона та екрануючої дії корпусу самого мікрофона:

$$F = (p_f - p_m) \cdot S$$

Де  $p_f$  та  $p_m$  – тиск з фронтальної та тильної сторін чутливого елемента;  
 $S$  – площа мембрани (діафрагми).

Очевидно, що в цьому випадку сила, що діє на систему, максимальна, коли звукова хвиля рухається паралельно осі зліва або праворуч, і дорівнює нулю, коли хвиля приходить перпендикулярно осі мікрофона і шлях її до обох сторін приймача однаковий (бо  $p_{\phi} = p_m$  і  $F = 0$ ).

Кардіоїдні, односторонньоспрямовані мікрофони є акустично комбінованими приймачами. Вони сила, що діє на чутливий елемент, завдяки спеціальній конструкції мікрофона має дві складові. Одна з них не залежить від кута падіння звукової хвилі (ця частина відповідає приймачеві тиску), а друга змінюється пропорційно косинус кута падіння (відповідає приймачеві градієнта тиску).

Напруга на виході мікрофона містить дві складові, діаграми спрямованості яких — коло і вісімка. При падінні звукової хвилі з фронту обидві складові напруги синфазні, тому підсумовуються; при падінні з тилу коло і вісімка створюють протифазну напругу, яка взаємно знищується. У результаті результуюча діаграма спрямованості - типова кардіоїда (рис. 2.11).



Рис 2.11. Формування кардіоїди

Діаграма спрямованості - одна з найважливіших експлуатаційних характеристик мікрофона. Звукорежисер повинен уміти для кожного конкретного випадку правильно вибрати мікрофони з такими діаграмами спрямованості та чутливістю, які забезпечують найкращі результати у роботі. Наприклад, коли потрібно передати голоси співрозмовників, які сидять за круглим столом, очевидно, найзручнішим виявиться мікрофон з круговою діаграмою спрямованості.

Для передачі розмови людей, що сидять на візі, найбільш підходить мікрофон з діаграмою спрямованості у вигляді вісімки. Двосторонньоспрямований мікрофон значно послаблює дію шуму, що заважає, від джерел, розташованих збоку від розмовляючих. Але двосторонньоспрямований мікрофон небажано наближати до джерела звуку, межа - 30-50 см, так як у всіх приймачів градієнта тиску на близьких від джерела звуку відстані підвищена чутливість до низьких частот звукового діапазону. Цей так званий ефект ближньої зони при невмілому використанні мікрофона може стати причиною помітних частотних спотворень, що виражаються у підкресленні низьких звукових частот і характерному бубнінні.

При записах і передачах художніх програм широко застосовуються мікрофони з кардіоїдними діаграмами спрямованості, тобто. односторонньоспрямовані. Осі їх максимальної чутливості орієнтують деякі джерела звуку те щоб за допомогою кількох мікрофонів створювати різні звукові плани окремих виконавців, штучно підбирати мікшуванням необхідний баланс гучностей, відбудовуватися від впливу відбитих звукових хвиль та інших.

Остроспрямовані, гіперкардіоїдні мікрофони дуже зручні, коли йдеться про репортажі з приміщень із високим рівнем власних шумів, наприклад із заводських піхів, з вулиць, зі стадіонів тощо. Такі мікрофони, розміщені відносно близько до виступаючих, при правильній їхній орієнтації забезпечують помітне переважання голосу над стороннім шумом і хорошу промовистість при прослуховуванні передачі.

**Класифікація мікрофонів.** За способом перетворення акустичної енергії в електричну мікрофони, що застосовуються в даний час поділяються на кілька основних типів.

*Індукційні мікрофони* - це перетворювачі акустичної енергії на електричну, в яких використовується явище електромагнітної індукції -

виникнення електрорушійної сили при русі провідника в постійному магнітному полі.

Конструктивно індукційні мікрофони виконуються або з рухомою котушкою (динамічні) або з рухомою стрічкою (стрічкові). Незважаючи на загальний принцип роботи, динамічні та стрічкові мікрофони суттєво різні за своїми експлуатаційними характеристиками. В даний час стрічкові мікрофони у професійних студіях використовуються досить рідко, тому надалі під мікрофонами, що працюють на основі електромагнітної індукції, розумітимемо виключно динамічні.

Конденсаторні або електростатичні мікрофони використовують природну залежність ємності конденсатора від переміщень його рухомої пластини під дією звукових коливань.

Електретні мікрофони - по суті різновид конденсаторних. Вони з'явилися відносно нещодавно, коли стали доступними електретні матеріали — діелектрики, які після спеціальної обробки здатні нести електричні заряди, інакше кажучи, набули властивостей Попередньо зарядженому конденсатору.

У п'єзоелектричних, або кристалічних мікрофонах використовується п'єзоелектричний ефект. Сутність ефекту — у виникненні електричних зарядів лежить на поверхні кристалів деяких речовин (наприклад, сегнетової солі) за її деформації під впливом будь-якого тиску, зокрема звукового. Величина цих зарядів, отже, і електричні напруги на протилежних гранях п'єзоелемента пропорційні деформуючій силі.

В електромагнітних мікрофонах використовується ефект зміни магнітного потоку при зміщення в ньому деякого рухомого елемента (якоря).

А дія вугільних мікрофонів заснована на відомій властивості вугільного порошку змінювати опір в залежності від сили стиснення порошку мембраною, що коливається під впливом звукового тиску. П'єзоелектричні, електромагнітні та вугільні мікрофони через низьку якість передачі звуку (вузький діапазон відтворюваних частот з великою нерівномірністю частотної

характеристики, підвищений рівень власних шумів вугільних мікрофонів тощо) в даний час використовуються в основному тільки для оперативного зв'язку та в аматорських цілях. У радіовішанні та професійному звукозаписі широке застосування знайшли динамічні (котушкові), конденсаторні та електретні мікрофони.

**Динамічні мікрофони.** Магнітна система мікрофона з рухомою котушкою — постійний циліндричний магніт і магнітопровід, виготовлений зі сталі (рис. 2.12). Магнітопровід зібраний із центрального стрижня та двох фланців. У кільцевому зазорі між отвором у верхньому фланці та круглим центральним стрижнем поміщена рухлива котушка, намотана на спеціальний каркас. Використовується тонкий (до 0,02 мм) мідний або алюмінієвий дріт. Котушка жорстко пов'язана з легкою куполоподібною діафрагмою, яка за допомогою гнучкого гофрованого коміра прикріплена до нерухомої частини мікрофона. Під дією звукової хвилі вона може вільно коливатися в осьовому напрямку, захоплюючи. собою котушку.



Рис 2.12. Динамічний мікрофон: 1 – постійний магніт, 2 – верхній фланець, 3 – нижній фланець, 4 – центральний стрижень, 5 – катушка, 6 – діафрагма

У кільцевому проміжку магнітної системи діє радіальне магнітне поле. При русі катушки в цьому полі її витки перетинають магнітні силові лінії, тому в ній порушуються змінні індукційні струми. Напруга, що виникає на виводах рухомої катушки мікрофона, передається екранованим кабелем на мікрофонний підсилювач.

До переваг динамічних мікрофонів можна віднести: міцність, невеликі розміри і масу, відносно малу в порівнянні з іншими мікрофонами сприйнятливість до вібрацій і трясіння та інші властивості, що дають можливість використовувати цей тип мікрофона як у студіях, так і позастудійних умовах при записі відкритих концертів і репортажів. За характеристиками спрямованості динамічні мікрофони поділяються на неспрямовані (кругова діаграма) та односторонньо спрямовані (діаграма спрямованості – кардіоїда).

І ті, й інші працюють у широкому інтервалі частот (від 50 до 16 000 Гц). Їх відрізняє невелика нерівномірність частотної характеристики, хороша чутливість приблизно 1,7 мВ/Па.

Але їх можна розрізнити навіть на вигляд: мікрофони ненаправленої дії (приймачі тиску) мають доступ звукових хвиль тільки з одного боку. Це типові приймачі тиску. У конструкції односторонньоспрямованого (кардіоїдного) мікрофона передбачені спеціальні акустичні канали, що частково пропускають звукові хвилі до ТИЛЬНОЇ сторони діафрагми. Завдяки цьому частина діафрагми працює як приймач тиску, а частина як приймач градієнта тиску. Сумарна діаграма спрямованості подібної системи має вигляд кардіоїди.

**Конденсаторні мікрофони.** Конденсаторний мікрофон – це електроакустичний перетворювач ємнісного типу (рис. 2.13). Звукоприймач такого мікрофона – плоский повітряний конденсатор. Одна з його пластин масивна і нерухома, друга, навпаки, легка та пружна. Відстань між пластинами 20-40 мкм. На легку пластину впливають звукові хвилі, змушуючи переміщатися. Ця рухома пластина грає у мікрофоні роль мембрани. До пластин додається постійна (поляризуєча) напруга, величина якого для різних типів мікрофонів може бути неоднаковою - в межах 10-50 В. Пластини підключені до джерела постійного струму, причому послідовно з однієї з них в ланцюг включений резистор, опір якого виконує функції навантаження.



Рис 2.13. Схема конденсаторного мікрофона:  $C$  – капсюль-конденсатора,  $R_n$  – опір навантаження,  $U_0$  – джерело постійного поляризуючий напруги,  $U$  – сигнал знімається з опіру напруги,  $P$  – звуковий тиск.

При коливання мембрани ємність конденсатора змінюється. Коли його пластини зближуються, ємність збільшується, тому конденсатор заряджається. Зі зростанням відстані між пластинами ємність знижується, і конденсатор розряджається через джерело живлення. При цьому зарядно-розрядний струм проходить через опір навантаження, величина якого 100 МОм і більше.

Опір конденсатора змінному струму, як і будь-яке ємнісне, зростає зі знизженням частоти. Так, на частоті 50 Гц воно сягає 30 МОм. Тому опір навантаження і вибирається настільки великим: це дозволяє послабити його шунтуючий вплив на нижчих частотах і зрештою вирівняти на цих частотах чутливість мікрофона.

При проходженні струму на опорі навантаження створюється змінна напруга, зміни якого є електричним відображенням змін звукового тиску, що діє мембрану конденсаторного мікрофона. Однак велика величина опору навантаження виключає можливість приєднання мікрофона до підсилювача за допомогою кабелю.

Навіть порівняно короткий кабель (1,5-2 м) різко знижує чутливість мікрофона (особливо на високих звукових частотах) і стає причиною зростання рівня шуму та перешкод, що наводяться на мікрофонні ланцюги. Тому в безпосередній близькості від конденсатора (в одному з них корпусі) розміщується узгоджувальний підсилювальний каскад, зібраний на електронній лампі або польовому транзисторі.

З виходу цього каскаду через вихідний трансформатор по кабелю напруга подається на вхід мікрофонного підсилювача. Для живлення лампи або транзистора узгоджувального каскаду та подачі на капсуль поляризуючої напруги конденсаторний мікрофон має спеціальний напрямник. Випрямляч (блок живлення) лампових мікрофонів (про те, що інтерес звукорежисерів до них останнім часом зростає) - це окремий пристрій, який зазвичай віддалений від мікрофона і приєднується до нього за допомогою багатожильного кабелю.

Для живлення транзисторних схем конденсаторних мікрофонів застосовують сухі батареї, що розміщуються в корпусі мікрофону. Однак у студійних умовах замість автономного зазвичай використовується електроживлення, що надходить із центрального пункту управління, наприклад, безпосередньо з мікшерного пульта. При цьому струм живлення може підводитися до мікрофона по сигнальним проводам, що передає звукові сигнали від мікрофона до пульта, за допомогою спеціальних ланцюгів «фантомного» живлення.

Конденсаторні мікрофони широко застосовуються у професійному звукозаписі та в звуковому художньому вішанні. Їх відрізняє висока чутливість (10-15 мВ/Па), широка смуга частот, що відтворюються, рівномірна частотна характеристика. Обме слід відзначити надзвичайно цінну з позицій експлуатації можливість зміни характеристик спрямованості. До того ж у багатьох моделях, що серійно випускаються, конденсаторних мікрофонів спрямованість змінюється дистанційно з блоку живлення, який розміщується безпосередньо в апаратній.



### Використання мікрофонів

Питання про кількість, технічні характеристики і розстановку мікрофонів, що використовуються при записі, — одне з найбільш важливих, але разом з тим і найбільш складних питань, що стоять перед звукорежисером у процесі його повсякденної роботи.

На жаль, практика показала, що схеми розміщення мікрофонів для звукопередачі тих чи інших програм, що часто наводяться в літературі, не можуть бути прийняті як абсолютні. Вони, зазвичай, мають лише інформаційне значення, дозволяючи ознайомитися з основними принципами мікрофонної роботи. Справа в тому, що акустичні параметри студій настільки різні, а завдання звукорежисерів такі різноманітні, що в кожному конкретному випадку лише ретельні мікрофонні репетиції в тому приміщенні, з якого передбачається вести запис, можуть допомогти отримати бажані результати. Зрозуміло, значно легше досягти хорошого звучання, маючи достатній досвід експлуатації даної студії, вивчивши її особливості та вплив акустичних властивостей на звучання різних музичних інструментів та ансамблів різного складу.

Тому дуже корисна наступність у звукорежисерській роботі, обмін досвідом між звукорежисерами та узагальнення цього досвіду стосовно конкретних завдань. Проте багаторічний досвід проведення звукозаписів різних форм в різних студіях за акустикою дозволяє дати звукорежисерам деякі загальні рекомендації щодо використання мікрофонів.

Насамперед, для якісного звучання передач слід суворо дотримуватись норм заповнення студії виконавцями. Поряд із цим треба мати на увазі, що хоча акустичні властивості студії важливі для отримання високої якості звучання, не тільки вони визначають успіх звукорежисера.

У кожній точці студії, де встановлений мікрофон, на нього впливають енергія прямого звуку **W<sub>пр</sub>**, що впливає на мікрофон безпосередньо прямим

променем (ця енергія зменшується пропорційно квадрату відстані від джерела звуку), і енергія дифузного (розсіяного) звуку  $W_{отр}$ , як результат великої кількості відбитків звукових хвиль від перешкод. Ця складова звукової енергії від точки до точки студії, як правило, не змінюється.

У зв'язку з цим велике значення має правильність підбору на мікрофонних репетиціях акустичного відношення, під яким розуміють співвідношення між відбитими та прямими звуками у будь-якій точці студії ( $A = W_{отр}/W_{пр}$ ). А це відношення залежить від відстані мікрофона до джерела звуку.

Наш слух розрізняє обидві складові звукового поля та певним чином сприймає співвідношення між ними. Але слухач, який перебуває безпосередньо в студії, завдяки бінауральному сприйняттю звуку може визначити напрямок прямих звукових хвиль, зосередити свою увагу на їхньому прийомі та відбудуватися від сприйняття відбитих хвиль. Радіослухач же позбавлений подібної слухової вибірковості, оскільки мікрофон «чує» хіба що одним вухом і прийнята ним сума прямих і відбитих звуків відтворюється з однієї точки — гучномовця. У цьому випадку природність звучання, тембр та враження про реверберацію приміщення залежать від акустичного відношення значно більшою мірою, ніж при природному прослуховуванні.

При встановленні мікрофона близької відстані від виконавця, коли акустичне відношення невелике ( $A = W_{отр}/W_{пр} < 1$ ), тобто, коли переважає прямий звук, а дія відбитих хвиль мізерна, реверберація на слух здається значно меншою, ніж насправді; лаже в гучному великому приміщенні цим прийомом вдається створити чітке «сухе» звучання, що відповідає, як кажуть, ближньому або великому звуковому плану.

Маючи мікрофон на значній відстані від виконавця, можна потрапити в зону, де вплив відбитих звуків (дифузного поля) значно більший, ніж прямих ( $A = W_{отр}/W_{пр} \geq 1$ ). Тембр звучання у разі зміниться, воно буде гучнішим, розмитим, передача піде далеким звуковим планом, і суб'єктивне відчуття

реверберації значно збільшиться. Цим прийомом користуються, наприклад, у сильно заглушених приміщеннях, ставлячи один із мікрофонів далеко від виконавців для надання звучанню просторовості («повітряності»). Таким чином, у той час як реверберація студії практично незмінна, вибираючи місце мікрофона щодо виконавця, можна змінювати акустичне відношення і, отже, суб'єктивне відчуття реверберації, що залежить від нього.

Суб'єктивне відчуття реверберації, що залежить від співвідношення прямих і відбитих звуків у цій точці студії, називають еквівалентною реверберацією. Вміло використовуючи цей ефект, можна навіть у звичайній монофонічній передачі певною мірою заповнити втрату звукової перспективи (тобто об'ємності звучання). Це досягається застосуванням кількох мікрофонів та підбором необхідних звукових планів для окремих виконавців.

Наприклад, щоб звукова картина не була плоскою, а сприймалася протяжною в глибину, буває корисно виділити крупним планом соліста (для цього мікрофон встановлюється на близькій відстані) на тлі акомпанементу, що відтворюється через більш віддалений мікрофон і тому сприймається з більш далекої відстані, як б із глибини сцени.

Така багатоплановість звукопередачі робить звучання природнішим і приємнішим.

Таким чином, розташування та кількість мікрофонів у студії залежать від реверберації приміщення, характеру передачі та характеристик мікрофонів.

Багато звукорежисерів вважають за краще вести запис навіть великих виконавських колективів, обходячись мінімальною кількістю мікрофонів (і в деяких випадках це може забезпечити природну передачу тембрів та ясність музичної фактури).

Однак досягти, таким чином, задовільного музичного балансу та прозорості звучання, як правило, не вдається (особливо за монофонічної системи передачі). Труднощі тут виникають насамперед через взаємне

маскування сигналів, що проявляється при мікрофонній передачі більшою мірою, ніж у натурі. Вони можуть також посилитися недоліками акустики студії, якістю виконання та, нарешті, інструментуванням (аранжуванням) даного музичного твору, незручним для запису.

Щоб мати можливість активно впливати на якість звукової картини, що передається, звукорежисер змушений зазвичай встановлювати в студії велику кількість мікрофонів (іноді при передачі творів великих форм — до 30—40 штук) для різних груп виконавців, щоб отримати за допомогою індивідуальних регуляторів рівня на мікшерному пульті необхідний музичний баланс.

Щоправда, у своїй треба пам'ятати, що звуковий сигнал від однієї й тієї джерела може впливати як на свій, близько розташований мікрофон, а й у сусідні мікрофони, встановлені в інших оркестрових груп. Так як відстані від даного джерела до мікрофонів різні, то звукові коливання, що випромінюються ним, прийдуть до мікрофонів не одночасно і, отже, з різними фазами.

Наприклад, якщо це джерело поряд з іншими гармоніками випромінює звукову хвилю з частотою 100 Гц (що відповідає довжині хвилі  $\lambda = C/f = 340/100 = 3,4$  м), то у двох мікрофонів, встановлених у точках, розташованих один від одного на відстані, що дорівнює половині довжини хвилі (тобто 1,7 м у напрямку поширення звуку), звуковий тиск у кожний момент часу буде протифазним: максимальне стиснення повітряного середовища в одного мікрофона і розрядження в іншого.

Природно, і електричні сигнали в ланцюгах цих двох мікрофонів виявляться протифазними, і після їх змішування в тракті пульта мікшера (в результаті інтерференції коливань) результуючий сигнал буде істотно ослаблений і випаде з загального спектру звукової інформації. Це спричинить спотворення тембру звучання.

Не слід забувати також, що відбиті від стін приміщення сигнали будь-якого джерела звуку впливають на всі встановлені в студії мікрофони. Тому

регулювання рівня (мікшування) будь-якого з мікрофонних сигналів неминуче позначається як на тембрі, а й у звукових планах інших інструментів, оскільки вони залежить від співвідношень між прямими і відбитими сигналами.

Уникнути зазначених недоліків, пов'язаних із застосуванням полімікрофонної (багатомікрофонної) системи передачі, вдається за допомогою акустичного поділу окремих джерел завдяки спеціальному розміщенню виконавців, використанню односторонньооспрямованих мікрофонів, розташованих на близьких від виконавців відстанях, а також установці в студії акустичних щитів (ширм), що надають екран дію та відділяють одну групу виконавців зі своїми мікрофонами від інших. Для цього мікшерний пульт повинен мати велику кількість мікрофонних входів з можливістю не тільки роздільного регулювання рівнів сигналів, що передаються, але і їх додаткової індивідуальної обробки за допомогою частотної корекції, обмеження, компресування, використання штучної реверберації. Тільки в результаті таких дій досягаються оптимальний баланс і природність звучання оркестру.

**Акустичні системи.** Активні та пасивні АС. Студійні АС діляться на активні та пасивні.

- Пасивним потрібен окремий підсилювач. Вони простіше активні, але необхідність додаткового обладнання та наявність тільки аналогового входу (або акустичний Speakon, або лінійний моно-джек (TRS)) зробили їх не особливо популярними. Вони трапляються рідше, ніж активні.

- Активні монітори мають вбудований підсилювач, кросовер та всю схемотехніку для роботи, іноді два роздільні підсилювачі (bi-amp) для кожного динаміка (НЧ та ВЧ). На активних моніторах зазвичай встановлені всі доступні роз'єми та входи: кенон, джек, тюльпан (XLR, TRS, RCA). Також бувають пристрої з цифровими входами (коаксіальний або оптичний – S/PDIF та AES/EBU).

Переваги активних моніторів:

- універсальні у застосуванні;
- їх легко підключати;
- не потрібно налаштовувати окремий підсилювальний тракт;
- Ви можете налаштувати характеристики монітора під конкретне приміщення;

• вивірена заводом схемотехніка. Вона не дає перегоріти підсилювачам та динамікам.

Недоліки активних моніторів:

- багато дротів до кожного монітора (як мінімум мережевий та сигнальний);
- складний ремонт;
- неможливість апаратного керування гучністю з робочого місця звукорежисера.

*Характеристики динаміків та акустичних колонок.* Одними з найпроблемніших елементів технологічного ланцюжка запису та відтворення звуку є акустичні колонки. Якби всі звукові монітори мали однаково погані характеристики, великих проблем із ними не виникало б — встановили б в апаратній типові агрегати та досягли максимально можливої якості звучання фонограми. На жаль, реальність така, що завжди просто вибрати пару колонок одного типу із відносно симетричними параметрами. При виборі акустичних агрегатів не можна покладатися на найпростіші, доступні простому обивателю критерії, "чим дорожче, тим краще" або "даній фірмі можна довіряти". Вибирати за каталогом з докладними таблицями технічних характеристик теж вихід; кожну конкретну пару слід слухати. Однак попередній аналіз пропозицій все-таки можливо і слід провозити, ґрунтуючись саме на технічних даних.

Номінальний електричний опір пасивної (без підсилювача) акустичної колонки визначається як активний опір, яким заміняють систему при вимірі потужності, яка споживається від джерела сигналу. Оскільки номінальний

опір має виражену залежність від частоти, паспорт вказує мінімальне значення опору, виміряне в діапазоні частот вище частоти основного резонансу.

Частота основного резонансу — частота, де модуль повного електричного опору має основний максимум.

Електрична потужність - потужність, що розсіюється на опорі рівному номінальному електричному опору, при напрузі рівному напрузі на вхідних затискачах пасивної акустичної колонки.

Номінальна потужність - Електрична потужність, обмежена виникненням спотворень, що перевищують задане значення.

Паспортна потужність – найбільша неспотворена електрична потужність підсилювача, від якого акустична система може тривалий час задовільно працювати на реальному звуковому сигналі без теплових та механічних пошкоджень.

**Номінальний діапазон частот – діапазон частот, у якому визначаються параметри та характеристики системи.** Ефективно відтворюваний діапазон частот — діапазон частот, у якого рівень звукового явища, створеної системою робочої осі, знижується стосовно рівня, усередненому в октавній смузі частот у сфері максимальної чутливості, на 10 дБ.

Робочий діапазон частот – діапазон частот, обмежений заданою нерівномірністю частотної характеристики.

Типова частотна характеристика - Форма частотної характеристики, властива даному типу акустичної системи. На практиці може сильно відрізнятися від реальної для даного конкретного екземпляра.

Характеристична чутливість - відношення середнього звукового, тиску, що розвивається системою в заданому діапазоні частот у заданій точці вільного від відображень поля на робочій осі, приведене до відстані 1 м від

робочого центру системи, до квадратного кореня з підводиться електричної потужності.

Середній стандартний звуковий тиск - співвідношення середнього звукового тиску, що розвивається системою ефективно відтворюваному або номінальному діапазоні частот на робочій осі, приведене до відстані 1м від робочого центру системи, до кореня квадратного з десятикратної електричної потужності, що підводиться.

*Номінальний середній звуковий тиск – середній звуковий тиск системи, при якому визначають інші характеристики.*

Коефіцієнт осьової концентрації - відношення квадрата звукового тиску, виміряного на частоті  $f$  або в смузі частот із середньою частотою  $f$  у вільному від відображення поле на робочій осі на певній відстані від робочого центру системи, до середнього за сферою, в центрі якої знаходиться акустична система.

Індекс спрямованості - коефіцієнт осьової концентрації, виражений у децибелах.

Акустична потужність — середня за часом потужність сигналу, що випромінюється системою на частоті  $f$  або в смузі частот із середньою частотою  $f$  в навколишній простір.

Середня акустична потужність - середнє значення акустичної потужності, що випромінюється гучномовцем у певному діапазоні частот.

Наведений ККД - відношення випромінюваної гучномовцем акустичної потужності до електричної потужності на частоті  $f$  або в смузі частот із середньою частотою  $f$ .

Брехтіння - явище, при якому при збудженні акустичної системи синусоїдальним сигналом крім чистого тону в результаті механічних дефектів виникають чутні як перешкоди імпульси звуку, що йдуть з частотною, кратною частотою збудження.



Звук - звуковий сигнал, що виникає в результаті параметричних коливань головок динаміків при збудженні акустичної системи синусоїдальним сигналом. На слух сприймаються як тон (або група) тонів із частотою, відмінною від частоти збудження, що звучить одночасно із тоном збудження.

**Класифікація акустичних колонок.** Залежно від сфери використання акустичні агрегати можна поділити за такими типами:

- Близькій зоні;
- Середньої зони;
- Дальньої зони;

**Особливості акустичних агрегатів ближньої зони .** Головна перевага акустичних агрегатів ближньої зони полягає в максимальному виключенні акустичного відгуку апаратного звукозапису. Оскільки багатоканальна технологія передбачає поділ роботи на попередній запис каналів та подальше зведення з додаванням штучної реверберації, це дозволяє на першому етапі менше уваги приділяти контролю акустичного відношення, яке може скластися у слухача за умов домашнього прослуховування. Зменшення частки дифузного звуку в точці розміщення звукорежисера забезпечується наближенням колонок до пульта мікшера зі збереженням стандартного, стереофонічного кута між ними. Через війну частотна і динамічна корекція звукових сигналів з допомогою контролю ближньої зони, що виключає акустичні помилки кімнати прослуховування, виявляється точнішою.

У ближній зоні доцільно використовувати колонки із фазоінвертором. Фазоінвертор є закритою ящик з гучномовцем, на одній зі стінок якого передбачено одне або кілька акустичних отворів. Звукова хвиля, що випромінюється тильною стороною діафрагми гучномовця, відбиваючись від однієї з внутрішніх стін корпусу (що призводить до інверсії фази на 180°),

надходить в акустичне отвір і складається з хвилею, що випромінюється фронтальною частиною діафрагми.

За допомогою підбору форми та розмірів отворів фазоінвертора домагаються додаткового посилення найнижчих частот. Наявність акустичних отворів сприяє зменшенню габаритів контрольних агрегатів, що дозволяє скоротити відстань між осями динаміків, що задає, у свою чергу, мінімальну дистанцію прослуховування, на якій звучання НЧ і СЧ-ВЧ головок сприймаються разом (тобто звучать з однієї точки).

Деякі виробники рекламують малогабаритні акустичні системи із фазоінверторами, розташованими на верхній, нижній або тилівій панелі корпусу. Подібні конструкторські рішення розширюють кут діаграми спрямованості на НЧ, що, за ідеєю, має сприяти збільшенню частки ревербераційного звуку в точці прослуховування, наближаючи до параметрів, характерних для домашнього прослуховування фонограм. На жаль, не все так гладко - системи такого роду не можна розмішати біля стіни, мінімальна відстань до найближчої поверхні не може бути меншою за один метр. Фазоінвертори мають вузьку смугу пропускання, тобто створюють ревербераційний відгук у деякій смузі низьких частот, забезпечуючи у загальному балансі відчутний недолік інших низьких та середніх частотних складових. До того ж частота налаштування фазоінвертора може виявитися розташованою надто близько до основної резонансної частоти приміщення, що ще більше погіршить лінійність сумарної АЧХ.

**Особливості акустичних агрегатів дальньої зони.** Колонки дальньої зони повинні забезпечувати акустичне відношення в місці розташування звукорежисера, максимально близьке до типових домашніх умов приблизно дорівнює одній одиниці. Збільшення дистанції прослуховування порівняно з ближньою зоною зумовлює значне підвищення рівня звукового тиску, що випромінюється динаміками (сертифікується для відстані 1 метра).

Акустичні агрегати дальньої зони повинні мати велику потужність, деякий запас перевантаження і схему відключення, що миттєво реагує на

перевищення вхідним сигналом допустимого порога. Вимога до зростання потужності зумовлює збільшення габаритів корпусів колонок, що призводить до неминучого збільшення відстані між НЧ та ВЧ динамічними головками. З цієї причини встановлення акустичних систем дальньої зони може перетворитися на серйозну проблему.

Під час встановлення необхідно знайти компроміс між кількома обов'язковими вимогами:

1) центри НЧ-СЧ-ВЧ динаміків повинні перебувати вздовж однієї вертикальної осі; горизонтальне розміщення колонок призведе до значного погіршення стереофонічної локалізації - у горизонтальній площині роздільна здатність слуху набагато вище, ніж у вертикальній, і несення в просторі центрів динаміків може призвести до 3-точки сприйняття одного агрегату;

2) у разі заниженого розташування центру НЧ головки на лінії динамік-голова звукорежисера неминуче виникнуть перешкоди - мікшерський пульти, комп'ютер з монітором;

3) занадто високе розташування ВЧ динаміків, які відповідають за інформацію з локалізації, викличе психологічний дискомфорт - звукорежисер буде змушений придушувати в собі бажання підняти голову та подивитися на колонки. Людина так улаштована, що прагне до того, щоб домінуюча звукова картина збігалася з полем зору.

**Класифікація навушників.** За способом передачі звуку:

- дротяні — з'єднані з джерелом дротом, тому можуть забезпечити максимальну якість звуку (всі навушники, що мають професійну спрямованість, відносяться виключно до цього типу);

- бездротові – з'єднані з джерелом за допомогою бездротового каналу того чи іншого типу – радіо, інфрачервоним, Bluetooth. Вони відносно мобільні, але мають прихильність до бази (випромінювача) та обмежений радіус дії, що визначається потужністю випромінювача. Вони мають нижчу якість звуку в порівнянні з провідними навушниками в силу процесу

модуляції при кодуванні-декодуванні, необхідних при передачі сигналу від випромінювача до приймача в навушниках.

**За типом конструкції (виду):**

- вставні (звичайна назва – «вкладиші») – вставляються у вухо;
- внутрішньоканальні або вакуумні (звичайна назва – «затички») – вставляються у вухо;

- накладні – накладаються на вухо;

- повнорозмірні чи моніторні – повністю охоплюють вухо.

**За типом кріплення:**

- оголов'я - навушники з вертикальною дужкою, яка з'єднує два філіжанки навушників;

- потилична дужка - з'єднує дві частини навушників, але розташовується на потилиці, основне механічне навантаження спрямоване на вуха;

- кріплення на вухах - зазвичай навушники такого типу закріплюються на вухах за допомогою завушин або кліпс;

- без кріплень – вони тримаються лише за рахунок амбушюрів, що знаходяться у вусі.

**За способом підключення кабелю:**

- двосторонні — з'єднувальний кабель підводиться до кожної чашки навушників;

- односторонні — з'єднувальний кабель підводиться лише до однієї з чашок навушників, друга підключається відведенням дроту від першої, найчастіше той захований у дужці.

**За конструкцією випромінювача:**

- динамічні – використовують електродинамічний принцип перетворення. Найпоширеніший тип навушників. Конструктивно навушник є випромінювач або мембрану, до якої прикріплена котушка з проводом, що знаходиться в магнітному полі постійного магніту.

Якщо через неї пустити змінний струм, магнітне поле, створюване котушкою, буде взаємодіяти з магнітним полем постійного магніту, в результаті чого мембрана буде рухатися, повторюючи форму електричного сигналу звукової частоти. Електродинамічний спосіб перетворення сигналу має безліч недоліків і обмежень, але конструкція таких навушників і нові матеріали, що постійно вдосконалюється, дозволяють досягти дуже високої якості звуку;

- з урівноваженим якорем - основною деталлю є П-подібний якір із феромагнітного сплаву. У розмовній мові їх часто називають «арматурними» через співзвуччя англійського слова *armature* (якір) російським арматури;

- електростатичні – використовують найтоншу мембрану, розташовану між двома електродами. Вартість таких навушників зазвичай висока, проте вони демонструють дуже високу чутливість і високу вірність звуку, що відтворюється. Недолік – їх не можна безпосередньо підключити до стандартного виходу на навушники, тому до них у комплекті йде спеціальна док-станція;

- ізодинамічні — тонка плівкова мембрана, з нанесеними на неї металевими струмопровідними доріжками, поміщена у ґрати зі стрижневих магнітів і коливається між ними.

- ортодинамічні - за принципом аналогічні ізодинамічні, але мембрана і магніти мають круглу форму.

#### ***За типом акустичного оформлення:***

- відкритого типу — частково пропускають зовнішні звуки, що дозволяє досягти природнішого звучання. Багато слухачів відзначають звук відкритих навушників як прозоріший і натуральніший у порівнянні зі звуком закритих навушників. Крім того, відкрите акустичне оформлення не робить вас аудіально відрізненим від навколишнього світу.

Однак при високому рівні зовнішнього шуму звук у відкритих навушниках буде погано чути. До того ж, відкриті навушники, що працюють на великій гучності, можуть перешкодити оточуючим.

- напіввідкритого типу (або напівзакритого типу) — мають багато властивостей відкритих навушників, але при цьому забезпечують пристойну звукоізоляцію;

- закритого типу — не пропускають зовнішні шуми та забезпечують максимальну звукоізоляцію, що дозволяє використовувати їх у шумних середовищах, а також у випадках, коли необхідно повністю зосередитися на прослуховуванні. При поганому приляганні амбюшюрів (чашечок) у закритих навушників погіршується відтворення низьких частот, тому у закритих навушників з дужкою тиск, що чиниться ними на голову, зазвичай вище, ніж у відкритих.

**За опором:**

- низькоомні — з опором від одиниці до кількох сотень;
- високоомні — з опором від одиниць кілоом до кількох десятків кілоом.

**За типом сполучних роз'ємів:**

- Jack;
- Mini-Jack;
- Мікро-jack;
- DIN, ОНЦ-ВН (нині застаріли);
- РРВ-1, ШП-4 та ін. (мають специфічне застосування або застаріли);
- USB (в основному використовуються у навушниках нового покоління).

**Основними технічними характеристиками навушників є:**

- Частотний діапазон,
- чутливість,
- опір,
- максимальна потужність,
- рівень спотворень у відсотковому співвідношенні.

Частотна характеристика впливає якість звуку навушників. Навушники з великим діаметром мембрани мають підвищену якість звуку. Середнє значення частотної характеристики 18 Гц – 20 000 Гц. Деякі професійні навушники мають частотний інтервал від 5 до 60000 Гц. Найбільш широкий заявлений частотний діапазон деяких моделей досягає 5 Гц — 125 кГц.

Чутливість впливає гучність звуку в навушниках. Зазвичай навушники забезпечують чутливість щонайменше 100 дБ, за меншої чутливості звук може бути занадто тихим (особливо під час використання навушників з плеєром чи подібними пристроями).

На чутливість впливає матеріал магнітного осердя, що застосовується в навушниках (наприклад, неодимові магнітні осердя). Навушники - «вкладиші» з малим діаметром мембрани мають малопотужний магніт.

**Опір** (імпеданс). Тут важлива відповідність значення модуля повного електричного опору навушників та вихідного опору джерела звуку. Більшість навушників розраховано на опір 32 Ом. Навушники з опором 16 Ом мають підвищену випромінювану акустичну потужність. Для студійної роботи використовують навушники із максимальним значенням імпедансу.

Максимальна потужність (паспортна) вхідна потужність зумовлює гучність звучання.

**Рівень спотворень.** Рівень спотворень у навушниках вимірюється у відсотках. Чим менший цей відсоток, тим краща якість звучання. Спотворення навушниками спотворення менше 1% у смузі частот від 100 Гц до 2 кГц є прийнятними, тоді як для смуги нижче 100 Гц припустимо 10 %.

**Аудіоінтерфейс.** Звукова карта – пристрій, який відповідає за обробку звуку на ПК. Процесор звукової карти забезпечує вищу якість звуку, на відміну вбудованого аудіо контролера материнської плати.

**Основні характеристики звукової карти.** Аудіокарта має ряд основних характеристик: тип розміщення, інтерфейс підключення, перелік параметрів цифро-аналогового та аналого-цифрового перетворювачів (ЦАП,

АЦП), кількість стандартів обробки звуку, що підтримуються, і кількість спеціальних входів і виходів.

**Тип розміщення.** Незважаючи на те, що звукова карта має безліч параметрів, на які варто звернути увагу в першу чергу, вибір потрібно починати з її типу розміщення.

За типом розміщення звукові карти бувають двох видів:

- внутрішня - встановлюється безпосередньо в системний блок, що досить практично, але не для професійного застосування - такі звукові карти схильні до перешкод з боку іншого встановленого обладнання всередині ПК;
- зовнішня – звукова карта підключається до комп'ютера через інтерфейсний кабель та повністю захищена від перешкод.

Існують внутрішні звукові карти з додатковим блоком керування, який встановлюється у п'ятидюймовий відсік передньої панелі системного блоку. Цей блок може містити не тільки органи управління, але й входи/виходи, що забезпечує комфортну роботу зі звуковою картою.

**Інтерфейс підключення.**

- PCI — звукова карта встановлюється у вільний слот PCI-шини материнської плати.
- PCI-E – звукова карта вставляється у вільний роз'єм шини PCI-Express. Дана шина має гарну пропускну здатність і прийшла на зміну PCI-шині.
- USB – стандартний інтерфейсний роз'єм для підключення зовнішніх пристроїв, у разі зовнішньої звукової карти.
- FireWire (IEEE 1394) – високошвидкісний стандарт підключення зовнішніх мультимедійних пристроїв, ще один альтернативний спосіб підключення зовнішньої звукової карти.
- PCMCIA (PC Card) – спеціальний інтерфейс для підключення компактних периферійних пристроїв. Зазвичай застосовується у ноутбуках.



- ExpressCard – стандарт карт розширення для ноутбуків, що прийшов на зміну PCMCIA (PC Card), перевершує їх за швидкістю передачі даних. ExpressCard використовує швидкісну шину PCI-Express.

***Параметри цифро-аналогового перетворювача, ЦАП.***

- Розрядність — кількість цифр цифрового аналогового перетворювача. Чим більше число розрядів, тим якісніший сигнал на виході звукової карти. Більшість сучасних звукових карток мають 24-розрядний ЦАП.

Наприклад, на Audio CD записано 16-розрядний звук, тоді як на DVD-Audio зберігається 24-розрядний.

- Динамічний діапазон – коливається від 87 до 123 дБ. Широкий динамічний діапазон дозволяє якісно передавати всі нюанси природного звуку та забезпечує більш високу якість звуку на виході звукової карти.

- Відношення сигнал/шум — показує рівень шуму та визначає якість звуку на виході звукової карти.

- Максимальна частота — чим вища частота цифро-аналогового перетворювача, тим якісніший сигнал на виході звукової карти.

Наприклад, у звичайному Audio-CD звук записаний із частотою дискретизації 44.1 кГц, тоді як у DVD-Audio – 192 кГц.

- THD (коефіцієнт гармонійних спотворень) – діапазон від 3.0E-4 до 0.013%. Чим менше значення THD, тим чистіший і прозоріший звук виходить на виході звукової карти.

***Параметри аналого-цифрового перетворювача, АЦП.***

- Розрядність – кількість розрядів аналого-цифрового перетворювача. Чим більше число розрядів, тим вище якість сигналу, що отримується під час оцифрування.

- Динамічний діапазон (від 85 до 120 дБ) — чим більший динамічний діапазон АЦП, тим якісніша звукова карта може оцифрувати звук.

- Відношення сигнал/шум — показує, наскільки «шумить» звукова карта при перетворенні сигналу на цифрову форму. Цей параметр може мати значення, наприклад, під час запису з мікрофона.

- Максимальна частота — чим вища частота аналого-цифрового перетворювача, тим якісніше відбувається оцифрування звуку.

- THD (коефіцієнт гармонійних спотворень) – діапазон від 2.0E-4 до 0.0080%. Чим нижче THD, тим менше спотворень з'являється у процесі перетворення аналогового сигналу на цифровий.

#### ***Підтримка спеціальних стандартів.***

- ADAT (Alesis DAT) — цифровий інтерфейс ADAT дозволяє передавати одночасно від 8 до 24 звукових доріжок, що дозволяє створити на базі звукової карти домашню студію звукозапису. Інтерфейс ADAT використовується лише у професійній апаратурі.

- AES/EBU – стандарт, використовується для передачі двох цифрових каналів звуку та службової інформації. Інтерфейс AES/EBU дозволяє підключати (роз'єм XLR) до звукової карти висококласну студійну аудіоапаратуру.

- ASIO — підтримка цього стандарту дозволяє ефективно використовувати професійні програми зі звуком, наприклад, Cubase, SoundForge, Traktor, Reaper.

- OpenAL – звукова карта з підтримкою цього стандарту дозволяє максимально відчувати тривимірну атмосферу гри. Підтримується компаніями Creative, Apple.

- Зовнішня синхронізація – дозволяє зменшити спотворення, що виникають у цифро-аналоговому перетворювачі через нестабільність частоти дискретизації. Зовнішня синхронізація використовується лише у професійній техніці.

***Входи та виходи звукової карти.*** Кількість та типи аналогових (RCA, TRC), цифрових (MIDI), оптичних (S/PDIF) входів та виходів. Чим більше

роз'ємів та стандартів підтримує звукова карта, тим ширші можливості при роботі зі звуком.

### 2.3. Засоби створення і методи обробки звуку

Основні сучасні комп'ютерні музичні програми можна розділити на три основні типи:

1. Аудіоредактори.
2. Нотні редактори.
3. Універсальні програми.

Усі дані програми створені для комп'ютерів з операційними системами Windows, а також MacOS.

Аудіоредактори:

1. Sound Forge(Sony).
2. Adobe Audition(Cool Edit).
3. WaveLab(Steinberg).

Це основні програми для роботи із стерео(моно) файлом на РС. Рекомендуємо порівняти їх інтерфейси в наведених далі прикладах. На графіці Sound Forge 8.0(рис. 2.14) вгорі видно командний рядок загальних переваг(File, Edit, View і т. д.), що є єдиним для усіх програм(мається на увазі порядок і тип функцій).



Рис 2.14 Інтерфейс програми SoundForge 8

У центрі знаходиться власне графічне зображення WAV- файлу - основного робітника звукового формату для операційної системи Windows; для **MacOS** - це AIFF Macintosh(на графіці виглядає аналогічно).

У лівому овалі розташовані значки управління командами записи і відтворення, стандартні для усіх видів сучасної звукозаписної і звуковідтворюючої техніки. Fadein, Fadeout, Normalize, Volume та ін. Ліворуч відмічені два види індикаторів гучності(PlayMeters). Один фіксує зміни гучності в режимі піку, інший, правіше, встановлює режим усередненої гучності(RMS). На рис. 1.3 ламана лінія показує зміни гучності в режимі GraphicFade. Тобто, можна, малюючи потрібну криву, домагатися відповідної зміни динаміки.



Рис 2.15 Функція GraphicFade

Наприклад, програма WaveLab(Steinberg) **отличается** від Sound Forge(Sony) за декількома параметрами, про що потрібно обов'язково згадувати в процесі навчання. У Sound Forge краще за графік: такого збільшення файлу, щоб побачити дискретність звуку, на WaveLab добитися неможливо. Проте в WaveLab можна використати відразу декілька плагінів одночасно, а не послідовно, як в Sound Forge.

Нотні редактори: Finale. Sibelius. Encore. Нотні редактори потрібні для видавничої, науково-дослідної і навчально-методичної діяльності, а також в процесі твору музики, зазвичай академічного напрямку. На рис. 1.6 і 1.7 можна порівняти інтерфейси двох програм : Finale і Encore. На рис. 1.6 представлений інтерфейс Finale.

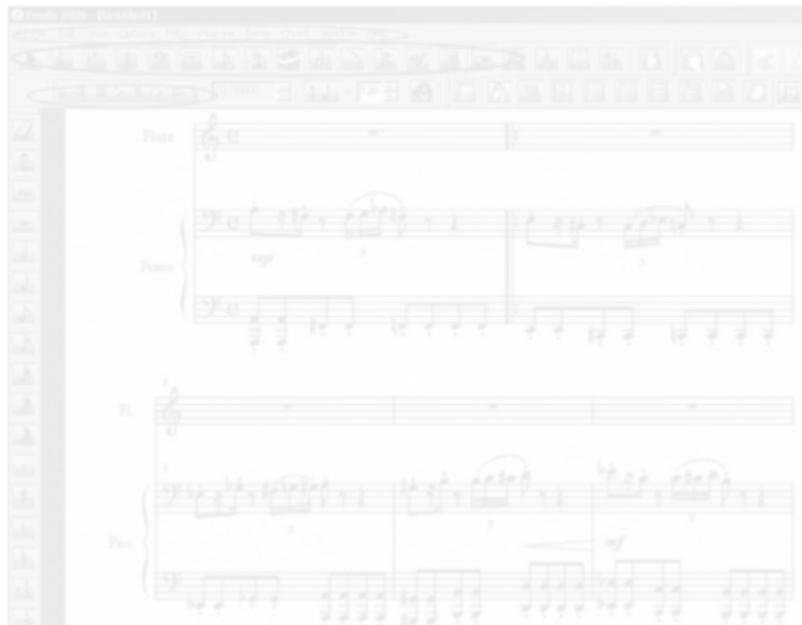


Рис 2.16 Інтерфейс програми Finale

У обведених фрагментах видні: у верхньому овалі - основні функції, в нижньому - стандартне управління відтворенням і записом, а в середньому овалі - винесені в цілях зручності з основних функцій характерні для нотних редакторів спеціальні функції (вибір ключа, тональності і т. д.). Рис 1.7 демонструє інтерфейс Encore, де стрілка показує на одну з основних функцій - вибір редактора для роботи з тактами(вставити або прибрати такти, позначити темп, ключі, тональність).

Рис 2.17 Інтерфейс програми **Encore**

Справа в овалі можна "вийняти" потрібну ноту або інший знак і вставити його в нотний текст.

Універсальні програми: Cubase(Nuendo). Logic audio platinum. Samplitude.

Універсальні програми нерідко називають "секвенцерами".

Дійсно, на перших етапах вони функціонували як апаратні секвенцери, робота велася тільки з Midi- файлами. Проте нині ці програми не можуть називатися тільки "секвенцерами", оскільки в них реалізується все, що пов'язано з МКТ. Універсальні програми включають, разом з Midi-секвенцером і потужним багатоканальним цифровим рекордером, також аудіоредактори і нотні редактори. Розглянемо цей вид на прикладі найперспективнішої і поширенішої програми Logic Audio Platinum компанії EMAGIC. Компанія Apple викупила цю програму, і тепер її нові версії виходять тільки для комп'ютерів Macintosh. За статистикою більше 50 % професійних музикантів і студій працюють в цій програмі. На рис. 2.18

показано основне вікно призначеного для користувача інтерфейсу, де зверху вниз розташовані стерео- або моноаудиофайли(їх може бути більше 64-х), обведені прямокутником 1. За ними розташовані аудіоінструменти(так тут визначають VST- інструменти - їх не менш 64-х), виділені прямокутником 2. Під ними - Midi- інструменти(кількість треків не обмежена), вони відмічені прямокутником 3. Основні функції позначені прямокутником вгорі. Слід звернув увага, що позиції File, Edit, Options, Functions, View їх порядок однаковий майже для усіх програм. Овалом 4 обведені аудіофайли, 5 - ноти аудіоінструментів, 6 - запис Midi- інструментів.



Рис 2.18 Інтерфейс программиLogic Audio Platinum

Midi - цифровий інтерфейс(стандарт) музичних інструментів, розроблений в 1982 році за ініціативою декількох ведучих виробників музичних інструментів - Yamaha, Roland, E - mu, Korg і інших. Необхідність його розробки була викликана передусім появою на ринку великого числа різних ритм-машин і секвенсерів. Перші за заданою програмою видавали ритмічний супровід з потрібним малюнком, другі використовувалися для



запам'ятовування зіграних партій з метою подальшого автоматичного відтворення.

У овалі 7 представлено віконце управління записом і відтворенням, де контролюються: темп, розмір, такти, час звучання, а також параметри Midi in і Midi out. Це вікно в цій програмі називається Транспорт. На рис. 1.9 показана важлива функція, присутня в усіх вищеперелічених універсальних програмах : графічне управління різними параметрами.



Рис 2.19 Функція Транспорт

Необхідно відмітити, що в чорному овалі, відміченому стрілкою, виділений вибраний в цьому аранжуванні ефект автофільтр, параметрами якого також можна управляти в цьому режимі. Тобто цей режим дозволяє управляти за допомогою графіки майже усіма можливими параметрами і ефектами. (Слід додати, що аналогічні можливості мають і студійні пульти мікшерів, що "запам'ятовують" ті або інші маніпуляції звукорежисера.) На рис. 2.20 в прямокутнику, відміченому стрілкою, виділено вікно управління

параметрами Midi- треків і аудіоінструментів. У Cubase(Steinberg) аналогічне віконце розташоване в правому верхньому кутку. Цими параметрами є: квантування Midi- треків і аудіоінструментів (квантування Midi- треків - можливість вьрав нивання неритмічно зіграного матеріалу – один з найважливіших прийомів МКТ, до якого доводиться неодноразово повертатися);

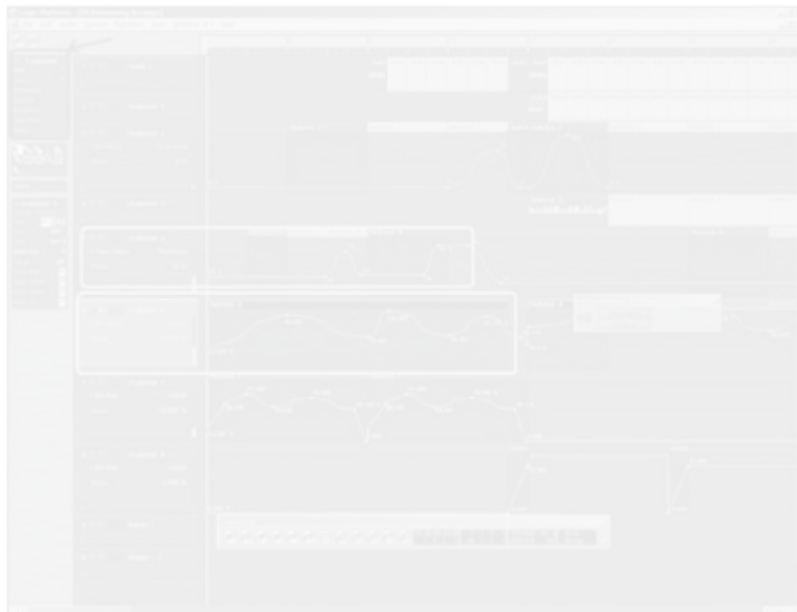


Рис 2.20 Вікно управління параметрами MIDI-треків

Петля(loop) - можливість повторення того або іншого вибраного фрагмента трека; транспозиція трека;

Velocity - один з головних термінів МКТ, спосіб натиснення клавіші синтезатора або MIDI- клавіатури, що означає, - можливість збільшення або зменшення гучності;

Dynamics - своєрідна MIDI- компресія, працююча з показниками Velocity;

Delay - застосування тимчасових затримок аудіоданих трека.

На рис. 2.21 представлено зображення пульта мікшера з усіма його атрибутами: еквайзерами(прямокутник 1), фейдерами(важелями управління) гучності(прямокутник 5), інсертми(вставками) ефектів обробки звуку(прямокутники 2), сэндами(посиланнями) ефектів обробки звуку(прямокутники 3), функцією панорамування звуку(прямокутники 4). Окрім цього, існує можливість вибору стерео- або моно- звучання трека(прямокутники 6). Кількість треків можна збільшувати, виходячи з потенціалу процесора і оперативної пам'яті(у стандартному наборі їх 24, проте в цій програмі є 48 канальних пультів).



Рис 2.21 Мікшерний пульт програми LogicAudioPlatinum

Кей-едитор(Key Editor) представляє найбільш точне графічне відображення виконуваного музичного матеріалу. Наприклад, фрам - неділима частина біта(біт означає одну чверть) складає 1/440 частина біта в Cubase і Samplitude. У програмі Сонар фрам дорівнює 1/120 частин біта. За

допомогою комп'ютерної миші можна подовжувати, укорочувати, переміщати ноти, копіювати, вставляти фрагменти і багато що інше. У програмах Cubase цей редактор зручніший в користуванні. Nuendo є версією Cubase таким же інтерфейсом. Він адаптований для відео, тому його доцільно використати при монтажі фільмів.

Порівнюючи кей-едитори в програмах Cubase 5.0(чи Nuendo 3.0) і Logic Audio Platinum, відмітимо деякі очевидні переваги кей-одитора Cubase(Nuendo). Наприклад, виділивши за допомогою комп'ютерної миші який-небудь фрагмент, одним натисненням клавіші Q на клавіатурі можна зробити квантування цього фрагмента. Крім того в програмах Cubase(Nuendo) зручно робити операції з протяжністю звуку(по заданій тривалості) або, вибравши команду legato, редагувати потрібний фрагмент, що в програмі Logic Audio Platinum робити складніше.

Слід зазначити, що в останньому редакторіві практично уся робота з Midi- файлами - запис і редактура - недостатньо зручна по своєму інтерфейсу. Наприклад, при записі партії інструменту на синтезаторі або Midi- клавіатурі можливе "чіпляння" однієї клавіші за іншу, що спричиняє за собою "накладення" попереднього звуку на подальший. Це не робить істотного впливу при відтворенні звучання фортепіано, арфи, віброфона і інших інструментів з функцією педалі, але неприпустимо, коли замість однієї флейти або віолончелі чуються дві, а то і три. І в даному випадку на допомогу приходить кей-едитор з його функцією фіксації тривалості звуку і їжа.

## Висновок

При проектуванні професійних студій звукозаписи треба враховувати тип кімнат та особливості приміщення. Проведені дослідження показують, що при проектування приміщення для звукозапису треба визначитися з призначенням кімнат.

У кваліфікаційній роботі було звернено значну увагу на акустичні властивості приміщення. Було розглянуто такі поняття як, оптимальний час реверберації, стандартний час реверберації, індекс дифузності. Не одне апаратне чи програмне забезпечення не зададуть рівня якості роботи студії якій акустика.

## Схожість

Джерела з Інтернету

30

1	<a href="https://ppt-online.org/1009413">https://ppt-online.org/1009413</a>	3 джерела	3.26%
2	<a href="https://ukrdoc.com.ua/text/14787/index-16.html">https://ukrdoc.com.ua/text/14787/index-16.html</a>		1.64%
3	<a href="https://ukrbukva.net/page,4,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html">https://ukrbukva.net/page,4,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html</a>		1.47%
4	<a href="http://www.um.co.ua/8/8-18/8-18119.html">http://www.um.co.ua/8/8-18/8-18119.html</a>		1.33%
5	<a href="https://ukrbukva.net/page,3,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html">https://ukrbukva.net/page,3,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html</a>	2 джерела	1.32%
6	<a href="https://ukrbukva.net/page,3,509-Sredstva-vvoda-i-vyvoda-zvukovoij-informacii.html">https://ukrbukva.net/page,3,509-Sredstva-vvoda-i-vyvoda-zvukovoij-informacii.html</a>		1.18%
7	<a href="https://ukrbukva.net/page,6,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html">https://ukrbukva.net/page,6,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html</a>		1.04%
8	<a href="https://ukrbukva.net/page,2,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html">https://ukrbukva.net/page,2,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html</a>		1.03%
9	<a href="https://ukrbukva.net/page,5,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html">https://ukrbukva.net/page,5,86861-Istoriya-i-sovremennoe-razvitie-zvukozapisi.html</a>		0.98%
10	<a href="https://www.sven.fi/ua/support/techsupport/service-article.php?id=16721">https://www.sven.fi/ua/support/techsupport/service-article.php?id=16721</a>		0.89%
11	<a href="https://ukrbukva.net/page,3,114700-Zvukovoij-ryad-kak-sredstvo-vyrazitel-nosti-teleekrana.html">https://ukrbukva.net/page,3,114700-Zvukovoij-ryad-kak-sredstvo-vyrazitel-nosti-teleekrana.html</a>		0.68%
12	<a href="https://www.istoriya.in.ua/istoriya-mehanichnogo-zvukozapisu-evolyuciya-audiotehniki.html">https://www.istoriya.in.ua/istoriya-mehanichnogo-zvukozapisu-evolyuciya-audiotehniki.html</a>	3 джерела	0.53%
13	<a href="http://ito.vspu.net/ENK/2013_2014/AZEOM/Lek/Lek-14.htm">http://ito.vspu.net/ENK/2013_2014/AZEOM/Lek/Lek-14.htm</a>	2 джерела	0.48%
14	<a href="https://reff.net.ua/28723-Istoriya_mehanicheskoiy_zvukozapisi_Evoluciya_audiotehniki.html">https://reff.net.ua/28723-Istoriya_mehanicheskoiy_zvukozapisi_Evoluciya_audiotehniki.html</a>		0.44%
15	<a href="http://www.bukvar.su/informatika_programmirovanie/169961-Sredstva-vvoda-i-vyvoda-zvukovoij-informacii.html">http://www.bukvar.su/informatika_programmirovanie/169961-Sredstva-vvoda-i-vyvoda-zvukovoij-informacii.html</a>		0.44%
16	<a href="http://bukvar.su/istorija-tehniki/157640-Istoriya-mehanicheskoiy-zvukozapisi-Evoluciya-audiotehniki.html">http://bukvar.su/istorija-tehniki/157640-Istoriya-mehanicheskoiy-zvukozapisi-Evoluciya-audiotehniki.html</a>		0.29%
17	<a href="http://bukvar.su/matematika/132678-Optoelektronnye-zapominayushie-ustroystva.html">http://bukvar.su/matematika/132678-Optoelektronnye-zapominayushie-ustroystva.html</a>		0.11%
18	<a href="https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BE%D0%BD">https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BE%D0%BD</a>	2 джерела	0.1%
19	<a href="http://www.sound-consulting.net/ua/?page_id=278">http://www.sound-consulting.net/ua/?page_id=278</a>		0.09%
20	<a href="https://jak.koshachek.com/articles/mikrofon-tipi-garmata-studopedija.html">https://jak.koshachek.com/articles/mikrofon-tipi-garmata-studopedija.html</a>		0.07%

21	<a href="http://elites-montage.com.ua/guchnomovtsi-dlya-sistem-opovishhennya-parametri-klasifikatsiya-vibir-i-rozmishhenn">http://elites-montage.com.ua/guchnomovtsi-dlya-sistem-opovishhennya-parametri-klasifikatsiya-vibir-i-rozmishhenn</a>	2 джерела	0.06%
22	<a href="https://knowledge.allbest.ru/psychology/2c0a65625a3bc79b5c53a89521216c37_0.html">https://knowledge.allbest.ru/psychology/2c0a65625a3bc79b5c53a89521216c37_0.html</a>		0.05%

## Цитати

Цитати

3

1 Adobe Audition(Cool Edit).

2 2.14) **вгорі видно командний рядок загальних переваг**(File, Edit, View і т. д.), **що є єдиним для усіх програм**(мається на увазі порядок і тип функцій).

3 Cubase(Steinberg) **аналогічне віконце розташоване в правому верхньому кутку.**